

2 of
112



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO EN LA
SERRANIA DE SANTA CATARINA, D. F.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A:

JUAN CARLOS MARTINEZ AMEZQUITA

MEXICO, D. F.

ENERO-1982



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Al Pasante señor JUAN CARLOS MARTINEZ AMEZQUITA,
P a s a n t e ,

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor M. en C. Francisco Montefare Urranga, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO EN LA SERRANÍA DE SANTA CATARINA, D.F."

- I. Introducción.
- II. Descripción del problema de desechos sólidos en el D.F.
- III. Descripción del medio natural de la zona en estudio.
- IV. Aspectos socioeconómicos de la zona en estudio.
- V. Diseño de un relleno sanitario en la serranía de Santa Catarina, D.F.
- VI. Conclusiones y recomendaciones.

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

A t e n t a m e n t e
"POR MI PAZA HABLARA EL ESPÍRITU"
Cd. UNIVERSITARIA, 9 de marzo de 1961
EL DIRECTOR

JAVIER JIMENEZ ESPINO

P R E S E N T A C I O N

Se acostumbra hacer la presentación de un libro con el propósito de ofrecer al lector una visión general de su contenido antes de que inicie su lectura.

En el caso presente, hablaremos de un problema que hasta hace poco tiempo, se le había dado poca importancia y que en la actualidad comienza a preocuparnos seriamente, esto es, el problema de la basura en la ciudad de México.

El contenido de este trabajo puede resumirse de la manera siguiente:

En el capítulo I se describen, de una manera breve, el crecimiento demográfico y las cantidades generadas de basura en la ciudad de México y como éstos han ido cambiando los criterios de disposición final de las basuras.

En el siguiente capítulo se habla, de una forma muy general, del problema de los desechos sólidos en el D.F., mencionando, de igual forma, el Plan maestro para tratamiento de la basura en el mismo D.F.

En el capítulo III, se describe el medio natural en donde se va a localizar el relleno sanitario, objeto de este trabajo. En este capítulo se incluyen aspectos tales como: localización, topografía, hidrología, climatología, etc.

Con el fin de enmarcar la región en un marco de estudio socioeconómico, en el capítulo IV se hace la descripción de los aspectos socioeconómicos de la zona en estudio, que corres

ponden en este caso a las delegaciones Tláhuac e Iztapalapa.

En el capítulo siguiente, se realiza el diseño del relle
no sanitario en la serranía de Santa Catarina, D.F. que, como
se menciona en el capítulo II, forma parte del Plan maestro pa
ra tratamiento de la basura en el D.F.

Por último, en el capítulo VI, se presentan las conclusio
nes y recomendaciones a las que se llegó después de realizar el
estudio del que nos ocupamos en los cinco primeros capítulos.

INDICE DE CONTENIDO

	Pág.
1. INTRODUCCION	1
2. DESCRIPCION DEL PROBLEMA DE DESECHOS SOLIDOS EN EL D. F.	6
2.1 Plan Maestro para Tratamiento de la Basura	7
2.2 Tipos de desechos sólidos	12
2.3 Volúmenes de desechos sólidos	13
2.4 Recolección de desechos sólidos	14
2.5 Sitios actuales de vertido de desechos sólidos	17
3. DESCRIPCION DEL MEDIO NATURAL DE LA ZONA EN ESTUDIO	24
3.1 Localización de la serranía de Santa Catarina	24
3.2 Topografía de la zona	25
3.3 Hidrología y Geohidrología	26
3.4 Climatología	27
3.5 Geología y Geomorfología de la serranía	28
3.6 Características de los suelos	30
3.7 Flora y Fauna	33
4. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO	42
4.1 Delegación Tláhuac	42
4.1.1 Población	43
4.1.2 Infraestructura	43
4.1.3 Servicios ;	44
4.1.4 Economía	45
4.2 Delegación Iztapalapa	46
4.2.1 Población	47

4.2.2	Infraestructura	47
4.2.3	Servicios	48
4.2.4	Economía	49
5.	DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO EN LA SERRANIA DE SANTA CATARINA, D. F.	53
5.1	Métodos de disposición de desechos sólidos	53
5.1.1	Tiraderos a cielo abierto	54
5.1.2	Relleno sanitario	55
5.1.3	Conversión en abono orgánico	56
5.1.4	Incineración	57
5.2	Justificación del relleno sanitario en la serranía de Santa Catarina, D. F.	58
5.3	Consideraciones para el diseño	58
5.3.1	Requerimientos de volumen	58
5.3.2	Localización del sitio de disposición de desechos sólidos	60
5.3.3	Caminos de acceso	60
5.3.4	Edificio	61
5.3.5	Cercado	61
5.3.6	Descomposición de los desechos sólidos	62
5.3.7	Control del movimiento del gas	66
5.3.8	Protección del agua subterránea	67
5.4	Construcción y operación del relleno	68
5.4.1	Construcción de las celdas	68
5.4.2	Cubierta del relleno sanitario	69
5.5	Operación del relleno	70
5.6	Equipo y personal	77
5.6.1	Equipo	77

5.6.2 Personal	79
5.7 Relleno sanitario terminado	80
5.8 Usos futuros del suelo	81
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	93
6.1 Conclusiones	93
6.2 Recomendaciones	95
Referencias	97
Bibliografía	98

INDICE DE TABLAS

1.1 Datos demográficos del Distrito Federal	4
1.2 Generación diaria de basura por delegación y municipios.....	5
1.3 Composición porcentual de los desechos sólidos de la Cd. de México	19
1.4 Basura generada en la Ciudad de México en 1977	20
1.5 Área urbana de la Ciudad de México; población total por delegaciones y municipios 1970-1990	21
1.6 Pronóstico de generación de basura en el área metropolitana de la Ciudad de México.....	22
1.7 Temperaturas medias, Período 1965-1980	41
1.8 Promedio de temperaturas mínimas extremas, Período 1965-1980	41
1.9 Promedio de temperaturas máximas extremas, Período 1965-1980	41
1.10 Precipitación promedio, Período 1965-1979	41
1.11 Conveniencia de los tipos generales de suelos como material de cubierta	90

1.12	Aplicación del material de cubierta	90
1.13	Características de funcionamiento del equipo de relleno	91

INDICE DE FIGURAS

1.	Localización de la serranía de Santa Catarina	36
2.	Vientos dominantes. Iztapalapa	37
3.	Vientos dominantes. Tláhuac	38
4.	Tipos de suelos en la zona en estudio	39
5.	Usos del suelo actuales en la zona en estudio	40
6.	Tendencia de crecimiento de la población. Delegación Tláhuac	51
7.	Tendencia de crecimiento de la población. Delegación Iztapalapa	52
8.	Localización del sitio propuesto para relleno sanitario	84
9.	Método permeable para control de gases	85
10.	Método permeable para control de gases	85
11.	Método de pendiente progresiva para un relleno sanitario	86
12.	Relleno sanitario completo	87
13.	Sección transversal de una trinchera	87
14.	Esparcido y compactación de los desechos	88
15.	Esquema Genral del relleno sanitario	89

1. INTRODUCCION

Durante las últimas décadas se ha venido experimentando un éxodo continuo y creciente de las zonas rurales hacia los centros urbanos, así, tenemos que cada año el Distrito Federal se ve incrementado en más de 200 000 habitantes (TABLA 1.1).

Esta concentración demográfica en áreas relativamente reducidas ha tenido como consecuencia la generación de grandes volúmenes de desechos sólidos que, al ser depositados en el ambiente en forma también concentrada, han causado su deterioro paulatino.

Cuando los desechos se disponen en simples tiraderos, como sucede actualmente en la ciudad de México, pueden producirse efectos perjudiciales como son la inflamación o combustión, la emisión de gases, olores y líquidos repugnantes producto de la fermentación anaerobia y que pueden contaminar las aguas superficiales y subterráneas; la dispersión de fragmentos de papel y materiales plásticos y polvos por la acción del viento; y la proliferación de moscas, roedores y otros propagadores de enfermedades.

En el aspecto económico cuando la distancia de la población al tiradero es grande, este método origina altos costos de operación, además ocasiona el desgaste rápido del equipo de transporte al verse obligados los vehículos a transitar sobre declives de desechos saturados por vidrios y otros materiales punzo-cortantes.

Por otro lado, los terrenos ocupados quedan temporalmente invalidados y los lotes cercanos sufren demérito en su valor comercial. En el aspecto social producen grave problema, pues como puede disponerse en ellos de cualquier tipo de basura, se permite y fomenta la pepena.

El panorama que ofrece actualmente la ciudad de México, es que se ha convertido rápidamente en una sociedad de consumo. Alguien dijo que una sociedad de consumo es una sociedad del desperdicio; es en la rama de los residuos sólidos donde la aseveración anterior se hace más patente. En efecto, durante los últimos años mediante campañas masivas de publicidad en prensa, radio y televisión, los fabricantes y comerciantes ingtan al público a comprar artículos, muchas veces innecesarios, llamativamente presentados en recipientes, cajas, envolturas y bolsas que van a parar al cesto de la basura y que en la mayoría de los casos excedan en peso, costo y volumen al propio producto. Lo anterior incide enormemente en la generación per cápita de desechos sólidos que se traduce en un sistema de recolección y disposición de desperdicios cada vez más caro y complicado.

La disposición de los desperdicios ha estado más influida por el "donde" que por el "como"; actualmente el incremento en la generación de basura (TABLA 1.2) obliga a las autoridades a prestar una mayor atención al "como" en lugar al "donde".

Uno de los enfoques que se le está dando al problema ocasionado por los residuos sólidos es el de aprovechar la fracción orgánica, fácilmente degradable, para producir composta, que por sus características físicas y químicas, puede utilizarse en el acondicionamiento de tierras laborables. Este proceso permite, además de las ventajas anteriores, la recirculación de la fracción de los residuos que tienen un valor comercial importante como son el papel, el trapo, vidrio, botes, etc., lo que se logra en mejores condiciones para el "pepenador" que las que prevalecen en la mayoría de los tiraderos a cielo abierto.

Ante esta situación el Gobierno de la ciudad de México, incorpora y perfecciona sistemas para aumentar la eficiencia en la recolección y garantizar la disposición final en una forma técnica; se llevan a cabo estudios de rutas de camiones y barreadoras para disminuir el tiempo de los recorridos, el consumo de combustible, el desgaste de los equipos, los tiempos muertos y en general del transporte a los depósitos finales.

Asimismo, se han localizado los centros de gravedad de concentración demográfica en las 16 delegaciones para proyectar la construcción de estaciones de transferencia y plantas industrializadoras, ubicando, en su caso, nuevos sitios para establecer rellenos sanitarios.

TABLA 1.1
DATOS DEMOGRAFICOS DEL DISTRITO FEDERAL

AÑO	POBLACION
1900	541,516 habitantes
1910	720,753 "
1921	906,063 "
1930	1'229,576 "
1940	1'757,530 "
1950	3'050,442 "
1960	4'870,876 "
1970	6'874,165 "
1980	14'145,415 "

FUENTE: Referencia 1

TABLA 1.2
GENERACION DIARIA DE BASURA POR DELEGACIONES Y MUNICIPIOS

	TOTAL POR DIA	%	GENERADORES	
			VIVIENDA (63%)	OTROS (37%)
Atzacapotzalco	253.4 Ton		159.6 Ton/día	93.8 Ton/día
Benito Juárez	531.4		334.8	196.6
Coyoacán	222.3		140	182.3
Cuauhtémoc	947.8		597.1	350.7
Cuajimalpa	27		17	10
Gustavo A. Madero	407.1		256.5	150.6
Iztacalco	314.3		198	116.3
Iztapalapa	403.1		254.0	149.1
M. Contreras	39.7		25	14.7
Miguel Hidalgo	372.6		234.7	137.9
Milpa Alta	25.4 (a)		16	9.4
Alvaro Obregón	210.5		132.6	77.9
Tláhuac	57.3 (a)		36.1	21.2
Tlalpan	91.9		57.9	34
V. Carranza	403.6		254.3	149.3
Xochimilco	72.5		45.7	26.8
Distrito Federal	4,379.9	73%	2,739.3	1,620.6
Naucalpan	358.4		225.8	132.6
Tlalnepantla	340.5		214.5	126.0
Atizapán de Zaragoza	41.9		26.4	15.5
Ecatepec	204.5		128.8	75.7
Nezahualcóyotl	588.7		370.9	217.8
La Paz	30.1		19.0	11.1
Cuautitlán	36.9		23.2	13.7
Tultitlán	48.5		30.6	17.9
Municipios	1,649.5 (a)	27%	1,039.2 Ton/día	610.3
Total Area Metropolitana	6,029.4 Ton	100%	3,798.5 Ton/día	2,230.9 Ton/día

(a) Estimados multiplicando población x 0.503 K/día habitante.

FUENTE: Referencia 2

2. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA DE DESECHOS SÓLIDOS EN EL D.F.

Uno de los programas del llamado Plan de Desarrollo Urbano del Distrito Federal¹, es el llamado "Medio Ambiente"; dentro de este programa están considerados fundamentalmente tres aspectos:

- Mejoramiento de la calidad del aire, agua y suelo.
- Recolección y disposición de desechos sólidos.
- Patrimonio cultural e imagen urbana.

En lo referente a la disposición y recolección de los desechos sólidos, el objetivo que se persigue es optimizar la eficiencia en el manejo y disposición de los desechos domésticos e industriales, mediante la adecuada coordinación entre el sistema de recolección y los centros generadores y fomentando la participación de la ciudadanía, fundamentalmente en el aspecto de la recolección.

Con el propósito de lograr los objetivos anteriores, se ha desarrollado el Plan Maestro para Tratamiento de la Basura²,

que se describe a continuación.

2.1 Plan Maestro para Tratamiento de la Basura

El objetivo de dicho plan es lograr que el Distrito Federal sea una ciudad limpia, para ello se contempla reestructurar el sistema de recolección de basura, dotando al Servicio de Limpia del D.D.F. de nuevo y moderno equipo, la instalación de tres plantas de incineración simple, una planta de reciclaje y reducción de volumen, la ampliación de la planta de tratamiento de desechos sólidos de San Juan de Aragón, nueve estaciones de transbordo y la adaptación de cinco rellenos sanitarios.

Asimismo, y como parte de esta acción, se introducirán cambios en la recolección domiciliaria, actividad en la que tendrán injerencia directa los vecinos, ya que de acuerdo con sus opiniones se fijarán nuevas rutas y horarios para esta tarea.

Este plan deriva de estudios realizados por el gobierno capitalino sobre el actual sistema de recolección, en los cuales se analizó la problemática que enfrenta, las necesidades de los habitantes de la ciudad y la forma más apropiada para tratar los desechos sólidos, con el fin de que no deterioren el ambiente.

La participación de los habitantes de la ciudad de México será de indudable importancia en este Plan Maestro, ya que la vigilancia y buen funcionamiento del nuevo equipo, estará a cargo de los Comites de Higiene y Limpieza que se han organizado en las 16 delegaciones políticas, y además a través de la información de dichos comites se establecerán los lugares y horas para la recolección de basura domiciliaria, tomando en cuenta las condiciones y circunstancias para cada zona del Distrito Federal.

A partir de lo anterior se establecerán las nuevas rutas, horarios y sistemas de recolección para controlar con mayor eficacia las toneladas de basura que se generan diariamente en esta ciudad.

Las zonas de relleno sanitario se localizan en Santa Fé, delegación Alvaro Obregón; en la serranía de Santa Catarina, delegación Iztapalapa; otra se encontrará en Tlalpan; una más en Tláhuac y la última en Milpa Alta.

Se dejará de utilizar el tiradero de Santa Cruz Meyehualco, cuyos terrenos están en proceso de regeneración, para convertirlos en áreas verdes, como sucede con las 50 ha. que ya se están reforestando.

En total, la ciudad contará con 9 unidades de transbordo donde los camiones recolectores de basura depositarán su carga en lugar de llevarla hasta los tiraderos como actualmente ocurre.

Dichas unidades se localizarán en las siguientes delegaciones: Atzacapotzalco, cuya capacidad será de 700 toneladas diarias; Gustavo A. Madero, con capacidad para 800 toneladas; Venustiano Carranza, 800; Iztacalco, 700; Coyoacán, 400; Magdalena Contreras, 100; Benito Juárez, 800; Miguel Hidalgo, 800; y Cuauhtémoc, 800.

Actualmente se están construyendo cinco de estas estaciones y las de Gustavo A. Madero, Miguel Hidalgo, Venustiano Carranza y Atzacapotzalco están siendo objeto de trabajos de ampliación y readaptación con el fin de mejorar e incrementar su capacidad.

En cuanto a las plantas de incineración simple, se localizarán en San Juan de Aragón, en la delegación Gustavo A. Madero, cuya capacidad será de 100 toneladas diarias; Santa Fé, en la delegación Alvaro Obregón con cupo para 100 toneladas y la tercera se ubicará en la delegación Tlalpan con una capacidad de 50 toneladas.

A estas instalaciones se conducirá la basura considerada como peligrosa, bien sea por tratarse de desechos industriales que pueden contaminar el agua y el suelo, o la que se genera en el aeropuerto y hospitales, con el fin de quemarla con métodos científicos y anticontaminantes.

Se amplió la capacidad de la planta procesadora de desechos sólidos localizada en San Juan de Aragón con dichos trabajos ahora se pueden procesar 700 toneladas diarias de basura - antes se procesaban 500 toneladas -transformándola en composta; es decir se biodegradan los desechos sólidos en esa sustancia biológica que se utiliza para mejorar los suelos, sobre todo en el rescate de zonas áridas y en el mejoramiento de los espacios verdes.

También se contará con una planta de selección y reducción de volumen, que se construirá en la delegación Alvaro Obregón.

La participación de los habitantes de la ciudad estará apoyada cuando entren en servicio los nuevos camiones que sustituirán a la mayoría de los vehículos tubulares que ahora realizan el servicio, ya que la capacidad de aquellos es dos veces mayor a la de estos últimos.

Para el servicio ordinario domiciliario se destinarán recolectores de carga trasera y compactación continua, que por

su diseño permiten que hasta 6 usuarios depositen su basura al mismo tiempo, pues su tolva se encuentra a 60 cm del piso. La capacidad de esta unidad es de 6 toneladas aproximadamente lo que, aunado a que podrán descargar en las unidades de transbordo, les permitirá efectuar dos recorridos diarios lo que aumentará la capacidad de recolección a 10 toneladas por turno como mínimo.

Con el fin de hacer más eficiente la recolección de basura industrial y comercial, y de la que se genere en zonas de condominios, se pondrán en servicio los recolectores de carga frontal, la labor que realicen se combinará con contenedores adecuados que se instalarán en dichos centros, la capacidad de estos vehículos es de 10 toneladas.

Como parte de las acciones del multicitado plan, las autoridades gubernamentales han entregado a la comunidad nuevo equipo para la recolección y tratamiento de desechos sólidos; el equipo entregado está integrado por: 31 barredoras que se utilizarán en las vías rápidas, 31 barredoras de descarga elevada y 26 más de descarga al piso. En cuanto a maquinaria pesada se trata de 12 cargadores frontales sobre neumáticos, 8 cargadores frontales sobre orugas, 6 "bulldozers", una retroexcavadora y 4 compactadores para relleno sanitario, así como 2 unidades de transbordo, consistentes en tracto-camiones y cajas compactadoras.

Las características y usos del equipo consisten en lo siguiente:

Con el fin de agilizar y hacer más eficiente el barrido de las vías rápidas -periférico, viaducto y ejes viales- se adquirió un nuevo tipo de barredoras mecánicas que alcanzan velocidades de barrido que van de 15 km/h a 35 km/h y, en su

traslado, hasta 90 km/h.

Si se considera una velocidad promedio de 20 km/h y turnos efectivos de 5 h, cada máquina podrá barrer como mínimo 100 km.

Las avenidas y calles principales serán limpiadas por las barredoras con descarga frontal y elevada, que tienen velocidades de barrido de 3.2 a 12.8 km/h, se calcula que manteniendo una velocidad promedio de 8 km/h y turnos efectivos de 5 horas, cada unidad podrá barrer como mínimo 40 km por turno.

Para la limpieza de las calles secundarias se emplearán las barredoras con descarga al piso. La velocidad de barrido de éstas es de 3.2 a 13 km/h, con este equipo se podrán barrer 40 km por turno, como mínimo, en turnos efectivos de 5 horas.

Los tractocamiones recibirán la basura que se deposite en las estaciones de transbordo para trasladarla a los tiraderos, y tienen capacidad de 25 toneladas, esto es, carga de 4 a 6 camiones recolectores de basura. El objetivo de estos vehículos es realizar menor número de viajes hasta los depósitos finales de los desechos sólidos.

En cuanto a características de la maquinaria pesada que se utilizará en las zonas de relleno sanitario, los cargadores frontales sobre neumáticos se emplearán en la disposición final de la basura que se realizará en dichos lugares, después de lo cual será compactada; de igual forma se utilizarán para mover el material que servirá como cubierta.

En los sitios de orografía muy irregular donde se requiere equipo de mayor tracción, se utilizarán los cargadores fron

tales sobre orugas. El "bulldozer" o tractor sobre orugas, se emplea para la compactación de los desechos sólidos; además es de gran utilidad para aflojar el suelo.

La función de los compactadores especiales para relleno sanitario es similar a la de los "bulldozers", con la ventaja de contar con ruedas dentadas especialmente diseñadas para fragmentar los desechos al mismo tiempo que los compactan, de tal manera que la operación de cubrirlos se facilita notablemente.

Cerca de 500 camiones tubulares de los que actualmente están en servicio, por sus condiciones mecánicas y su buen estado, seguirán utilizándose en esta tarea. Asimismo, prevalecerá el servicio de barrido manual en calles de difícil acceso.

Por último, la instrumentación total del Plan, incluyendo la adquisición de nuevo equipo, la construcción y adaptación de instalaciones requerirá de una inversión global de aproximadamente 2 000 millones de pesos.

2.2 Tipos de desechos sólidos

Los desechos sólidos a los que en México se les aplica el término de basura, consisten de un material heterogéneo que contiene residuos putrescibles y no putrescibles, derivados de las actividades cotidianas de las comunidades; incluyen los productos del barrido de las calles y los restos sólidos procedentes de mercados, hospitales, etc. Su composición es múltiple, variando según la región, costumbres o hábitos de la población y época del año; además cambia con el paso de los años al mejorar los niveles de vida y desarrollarse más comodidades.

En general, los desechos sólidos pueden dividirse en dos categorías; los desechos orgánicos fermentables que se des-

componen rápidamente, como desperdicios de frutas, verduras y otros residuos alimenticios, y los no fermentables que resisten la descomposición o se descomponen muy lentamente, tal es el caso de los plásticos, papel, metales, etc.

La composición porcentual de los desechos sólidos de la ciudad de México puede verse en la TABLA 1.3, en donde se puede observar que casi el 50% de desechos sólidos esta formado por componentes orgánicos cuya descomposición puede afectar la higiene urbana, formando focos contaminantes que agravarían los problemas que ya padece la ciudad. De aquí la importancia de recolectar y manejar de forma adecuada la basura generada.

En cuanto al origen de la basura se puede decir que es, de un modo jerárquico, el siguiente:

- 1o. Domicilios
- 2o. Industrias y comercios
- 3o. Mercados
- 4o. Agricultura

2.3 Volúmenes de desechos sólidos

Durante el año de 1975 se estimó que fueron llevados a los tiraderos 4 033 toneladas diarias de basuras que sumaron un total anual de 1,479 millones de toneladas. Estos datos se basaron en el número de viajes en cada uno de ellos y se estimó el tonelaje, pues no había báscula disponible.

En 1977 el tonelaje pesado en la báscula fue de 1,543 millones de toneladas resultando un promedio diario de 4 300 toneladas.

La estadística recopilada por la Oficina de Rellenos Sanitarios⁶ agrupó por delegaciones los tonelajes recolectados por la flota de vehículos. Los resultados de la estadística mencionada se muestran en la TABLA 1.4.

Como puede apreciarse, la delegación Cuauhtémoc supera con mucho la producción de basura de las demás delegaciones, lo cual se explica por la presencia de numerosos mercados zonales y de abasto dentro de sus límites.

Se estima que a las 4 300 ton/día que llegan a los tiraderos hay que agregar entre 1 400 y 1 700 toneladas que son recogidas por el servicio de recolección, pero separadas por la pepena clandestina. En estas condiciones la cifra estimada para la generación diaria de basura era, para 1977, de 6 000 toneladas diarias.

Como al momento de realizar este trabajo no se disponía de los resultados oficiales del X Censo de Población y Vivienda, se ha supuesto que la población seguirá la tendencia de crecimiento señalada por la proyección hecha en el Colegio de México⁷.

En las TABLAS 1.5 y 1.6 se puede apreciar la población total por delegaciones de 1970 a 1990 y el pronóstico de generación de basura siguiendo la mencionada proyección de población.

2.4 Recolección de desechos sólidos

La recolección de basura en el Distrito Federal, es coordinada a nivel de cada delegación, a las cuales se han asignado los recursos constituidos por vehículos personales e implementos.

La flota recolectora es de 1 000 vehículos compactadores tripulados por un chofer y dos macheteros. Estos vehículos realizan su recorrido diariamente de acuerdo con las rutas pre establecidas y en un horario que se pretende sea fijo para facilitar la organización doméstica de los usuarios.

El sistema establecido obliga a los usuarios a sacar sus desechos domiciliarios en recipientes y esperar el camión en un punto determinado de la calle. En el funcionamiento de este sistema, se observa que las personas que no pueden estar en su domicilio en el horario de recolección y que carecen de servicio doméstico, recurren a los servicios extraoficiales del barrendero o recolector de la vía pública, quienes acuden a un horario acordado con el usuario y sacan su basura depositándola temporalmente en su bote rodante a cambio de una propina (ingresos extras que esta práctica genera), lo cual ha hecho que los barrenderos promuevan este servicio que se ha bautizado con el nombre de "finca".

Los habitantes que no pueden utilizar el camión recolector y tampoco propician la finca recurren a tirar su basura en la calle, frecuentemente en bolsas de plástico o envoltorios de papel que son desperdigados por perros callejeros originando un problema de basura en la vía pública y contribuyendo a la contaminación ambiental.

Para mejorar el rendimiento de los camiones recolectores así como para facilitar al público la entrega de su basura, se llevó a cabo un Plan Piloto^o durante 1975, mediante el cual se recogía la basura en bolsas de plástico proporcionadas por el D.D.P.

Los resultados del programa fueron en términos generales buenos. El público mostró ser muy cooperativo para ayudar a

resolver un problema que sabe es de importancia. El rendimiento de los vehículos aumentó. Sin embargo, de acuerdo con los informes obtenidos, no fué posible pasar del plan piloto a una aplicación generalizada porque se provocaron reacciones contrarias por parte de los barrenderos. Otra situación que impide una optimización del sistema, es que las tripulaciones realizan una pepena en el camión, separando y clasificando los desechos que tienen valor; los caminos descargan el producto de esta pepena en lugares particulares y llevan el resto a los tiraderos, lo que resta eficiencia a la operación. Por esta misma razón han resultado inoperantes los camiones compactadores, ya que las tripulaciones deben realizar su pepena sin que la basura haya sido comprimida.

Para recoger la basura industrial y comercial el D.D.F. cuenta con camiones especiales, los cuales dan servicio a solicitud de las empresas cobrando una cuota por el servicio.

La recolección industrial se ha ido incrementando. En 1972 (a partir de agosto) se recolectaron 3 693 toneladas, mientras que en 1975 la recolección fué de 21 783 toneladas.

Existe una demanda del servicio mayor que la que alcanza a cubrir la flota de camiones para la recolección industrial. Este hecho favorece que algunos destinados a la recolección domiciliaria establezcan convenios clandestinos con los establecimientos y dediquen parte de su tiempo a dicha operación.

Por otro lado, la basura generada por industrias y comercios se ha considerado como desperdicio de tipo reusable o reindustrializable. Debido a esto, la recolección de ésta es realizada en su mayoría por particulares, los cuales la utilizan con fines diversos tales como fundición de chatarra, fabricación de papel, etc.

En lo que respecta a restaurantes, todos, con excepción de los pequeños establecimientos, pagan a un particular para que se lleve los desechos los cuales los utilizan en la cría de animales; a los segundos el camión de Servicios Urbanos los recoge toda la basura en algunos casos cobrando cuotas y en otros no. Para comercios es lo mismo que en los restaurantes pequeños; las cadenas y centros a mayor escala siguen también el mismo procedimiento.

En lo referente a recolección industrial, no se puede establecer un criterio uniforme, ya que en algunos casos la industria paga para que le recojan la basura; otras cobran por lo mismo y como ya se mencionó en algunas ocasiones los camiones recolectores destinados a basura domiciliaria realizan este servicio recibiendo una cantidad extra de dinero.

Por lo anterior la basura industrial y comercial queda en su mayoría fuera del control del Departamento de Servicios Urbanos del D.D.F.

2.5 Sitios actuales de vertido de desechos sólidos

Actualmente en la ciudad de México se tienen dos tiraderos oficiales que son: el tiradero de Santa Fé y el de Santa Cruz Meyehualco.

El tiradero de Santa Fé se encuentra localizado en la delegación Alvaro Obregón, mientras que el de Santa Cruz Meyehualco se localiza en la Iztapalapa.

El tiradero de Santa Fé tiene una capacidad promedio de 3 000 toneladas diarias y se le estima una vida útil de 30 años. Por lo que respecta al de Santa Cruz Meyehualco, se estima que ya llegó a su capacidad límite y esta por cerrarse

pues existe un proyecto para acondicionar áreas verdes y de recreación en sus terrenos.

También se cuenta con una planta industrializadora de desechos sólidos en San Juan de Aragón. Esta planta trabaja con desechos orgánicos exclusivamente ya que mediante un proceso de industrialización los convierten en abonos y fertilizantes que denominan composta. La planta tiene una capacidad de 700 toneladas diarias y da servicio a la delegación Gustavo A. Madero.

En algunas delegaciones se tienen sitios locales para tirar la basura como es el caso de la delegación Tláhuac, la cual parte de sus desechos son tirados en el tiradero de Santa Cruz Meyehualco y la otra parte en un relleno localizado en la zona de minas del pueblo de Santiago Zapotitlán.

TABLA 1.3
COMPOSICION PORCENTUAL DE LOS DESECHOS SOLIDOS
DE LA CIUDAD DE MEXICO.

MATERIALES	%	Ton/día
Papel	15.309	918.54
Cartón	4.202	252.12
Vidrio blanco	5.640	338.40
Vidrio ambar	1.522	91.32
Vidrio verde	1.097	65.82
Lata	2.803	168.18
Fierro	0.347	20.82
Papel estaño	0.107	6.42
Material de cocina (mat. orgánica)	49.507	2,970.42
Plástico (película)	2.718	163.08
Plástico (rígido)	1.085	65.10
Poliestireno expandido	0.030	1.80
Materiales para construcción	1.280	76.80
Hueso	1.293	77.58
Madera	0.801	48.06
Trapo y algodón	4.210	252.60
Cuero	1.023	61.38
Fibras de esclerénquima	0.307	18.42
Envases tetrapak	1.181	70.86
Hule espuma	0.036	2.16

NOTA: Los tonelajes indicados fueron calculados considerando una generación de 6,000 Ton/día en la ciudad de México.

FUENTE: Referencia 5

TABLA 1.4
BASURA GENERADA EN 1977
EN LA CIUDAD DE MEXICO

DELEGACION	TOTAL	%
Cuauhtémoc	244,863.9	0.22
Venustiano Carranza	104,130.0	0.094
Benito Juárez	137,008.9	1.124
Miguel Hidalgo	96,039.6	0.087
Atzacapotzalco	65,390.7	0.059
Gustavo A. Madero	104,948.8	0.095
Iztacalco	81,174.3	0.073
Iztapalapa	103,958.9	0.094
Coyoacán	57,267.5	0.052
Alvaro Obregón	53,893.6	0.05
Tlalpan	23,881.3	0.021
Magdalena Contreras	6,860.5	0.017
Xochimilco	18,669.9	0.017
Cuajimalpa	7,093.2	.006
SUBTOTAL	1'105,181.1	1.00
Emergencias	4,455.9	
Recolección Industrial	21,365.3	
Sector Volante	2,850.4	
Campamentos	2,379.1	
Volteos s/n	151,854.9	
Redillas	11,426.4	
Vehículos oficiales	43,988.7	
Vehículos particulares	72,031.6	
Trailers Marcados	25,764.9	
Trailers transferencia	51,139.3	
Operación Limpieza	48,738.0	
Tubulares s/n	1,915.5	
SUBTOTAL	437,911.0	
GRAN TOTAL	1'543,092.1 Ton/año	

FUENTE: Referencia 6

TABLA 1.5
 AREA URBANA DE LA CIUDAD DE MEXICO: POBLACION TOTAL POR DELEGACIONES Y MUNICIPIOS 1970-1990 (miles de habitantes)

	1970	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1985	1990
Total AMCM	8,387.1	12,994.9	12,096.0	13,342.3	14,010.4	14,530.1	15,083.0	16,945.5	21,181.6
<u>Distrito Federal</u>	6,942.2	8,693.2	9,011.5	9,351.3	9,695.8	9,939.2	10,197.7	11,057.2	13,116.6
1. Atzacapotzalco	543.3	566.6	569.9	573.3	580.5	589.8	599.3	628.5	683.0
2. Bunito Juárez	589.9	610.8	613.9	617.0	619.6	630.1	640.9	674.1	734.0
3. Coyoacán	349.8	522.5	553.4	586.0	618.9	632.5	646.4	690.0	772.8
4. Cuauhtémoc	925.8	860.0	857.4	848.9	840.5	852.3	864.2	876.3	963.4
5. Cuajimalpa	37.2	93.1	106.1	121.0	138.6	154.1	171.4	235.7	328.8
6. Gustavo A. Madero	1,228.6	1,568.6	1,649.0	1,711.7	1,767.5	1,799.3	1,831.7	1,932.4	2,113.6
7. Iztacalco	495.8	561.7	571.9	582.2	591.7	601.4	609.3	633.3	672.2
8. Iztapalapa	538.7	870.7	932.5	998.7	1,065.9	1,083.0	1,100.3	1,153.9	1,252.2
9. Magdalena Contreras	77.5	134.6	145.6	157.5	171.1	178.5	186.1	211.2	261.7
10. Miguel Hidalgo	604.4	657.0	664.9	672.9	686.1	689.6	699.3	729.1	783.2
11. Milpa Alta	34.2	50.4	53.3	56.3	59.4	71.0	84.7	144.8	352.8
12. A. Obregón	471.4	782.1	840.7	903.8	968.4	991.6	1,015.5	1,090.3	1,227.8
13. Tláhuac	64.4	114.0	123.7	134.2	145.5	172.9	205.3	344.8	816.8
14. Tlalpan	135.1	239.1	259.5	281.5	304.1	314.7	325.3	361.2	430.3
15. Venustiano Carranza	723.0	866.8	818.1	830.0	839.6	848.8	858.2	886.8	938.6
16. Xochimilco	119.1	229.2	251.6	276.3	302.4	329.6	359.3	465.3	716.1
<u>Estado de México</u>	1,944.9	3,401.7	3,684.5	3,991.0	4,314.6	4,590.9	4,885.3	5,688.3	8,065.0
17. Naucalpan	407.8	712.6	771.6	835.8	903.6	960.7	1,021.3	1,226.7	1,668.3
18. Tlalnepantla	387.4	676.9	733.2	794.0	848.5	912.6	970.1	1,165.2	1,564.6
19. Atizapan de Zaragoza	47.7	81.4	90.3	97.8	106.0	112.7	119.8	143.9	195.7
20. Ecatepec	232.7	466.6	440.4	476.9	511.7	547.1	581.6	690.6	856.0
21. Nezahualcóyotl	669.8	1,170.4	1,267.6	1,372.6	1,481.6	1,577.1	1,671.5	2,013.7	2,736.8
22. La Paz	34.3	59.9	61.8	70.3	76.5	81.3	86.4	103.8	141.2

FUENTE: Referencia 7

TABLA 1.6
PRONOSTICO DE GENERACION DE BASURA EN EL A.M.C.M.

No.	DELEGACIONES Y MUNICIPIOS	1978		1979		1980	
		PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL	PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL	PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL
		TON DIA	TCN AÑO	TON DIA	TCN AÑO	TON DIA	TON AÑO
1.	Atzacapotzalco	270.1	97,247.7	271.7	97,327.9	275.2	99,056.5
2.	Benito Juárez	469.6	169,068.0	472.0	169,921.8	473.5	170,472.6
3.	Coyoacán	260.0	93,635.3	275.4	99,151.2	290.9	104,717.9
4.	Cuauhtémoc	758.8	273,167.6	751.3	270,459.5	743.8	267,783.3
5.	Cuajimalpa	93.9	33,808.5	107.0	38,550.6	122.7	44,158.0
6.	Gustavo A. Madero	392.5	141,266.3	407.4	146,658.4	420.7	151,439.4
7.	Iztacalco	318.0	114,471.5	323.7	116,588.1	330.1	118,836.0
8.	Iztapalapa	401.9	144,686.7	430.4	154,958.2	459.4	165,385.0
9.	M. Contreras	114.6	41,251.4	124.0	44,622.9	134.6	48,447.7
10.	M. Hidalgo	357.7	128,777.8	362.0	130,377.3	365.9	131,721.8
11.	Milpa Alta	26.8	9,651.6	28.3	10,194.8	29.9	10,756.2
12.	Alvaro Obregón	253.9	91,400.9	272.9	98,261.1	292.5	105,284.4
13.	Tláhuac	62.2	22,899.6	67.5	24,300.9	73.2	26,347.1
14.	Tlalpan	166.8	59,882.2	180.4	64,958.9	194.9	70,174.1
15.	Venustiano Carranza	381.2	137,232.0	386.8	139,248.0	391.3	140,851.3
16.	Xochimilco	152.2	54,798.5	167.2	60,178.1	183.0	65,862.7
17.	Naucalpan	388.2	139,757.5	420.4	151,346.7	444.6	163,660.1
18.	Tlalnopantla	368.8	132,767.9	399.3	143,777.5	431.8	155,457.1
19.	Atizapan de Zaragoza	45.4	16,351.5	49.2	17,709.6	53.3	19,194.5
20.	Ecatepec	221.5	79,747.6	239.9	86,357.0	258.9	93,201.9
21.	Netzahualcoyotl	637.6	229,537.0	690.5	248,586.6	746.2	268,650.3
22.	La Paz	32.6	11,752.1	35.4	12,729.9	38.5	13,852.6
23.	Cuautitlán	40.0	14,395.9	43.3	15,591.0	46.4	16,713.7
24.	Tultitlán	52.6	18,922.9	56.9	20,480.1	61.3	22,055.5
25.	Coacalco	19.1	6,876.0	21.7	7,812.0	24.6	8,856.0
26.	Cuimalhuacan	16.1	5,796.0	17.0	6,120.0	18.1	6,516.0
27.	Huixquilucan	31.0	11,160.0	33.4	12,024.0	36.0	12,960.0
	TOTAL AMCM	6,332.6	2,279,825.0	6,635.0	2,368,687.1	6,951.3	2,502,411.7

FUENTE: Referencia 7

Continuación TABLA 1.6
 PRONOSTICO DE GENERACION DE BASURA EN EL A.M.C.M.

DELEGACIONES Y No. MUNICIPIOS	1981		1985		1990	
	PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL	PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL	PROMEDIO DIARIO	TOTAL ANUAL
1. Atzacapotzalco	279.5	100,643.4	279.9	107,247.2	323.7	116,547.0
2. Benito Juárez	482.0	173,529.5	515.6	185,647.1	561.5	202,143.6
3. Coyoacán	297.3	107,019.0	324.3	116,748.0	363.2	130,757.8
4. Cuauhtémoc	754.3	271,542.8	775.5	279,189.2	852.6	306,939.2
5. Cuajimalpa	136.4	40,096.2	208.6	75,094.0	352.9	127,057.7
6. Gustavo A. Madero	428.2	154,164.0	459.9	165,568.0	503.0	181,093.2
7. Iztacalco	334.4	120,376.2	352.1	126,761.3	373.6	134,507.5
8. Iztapalapa	466.8	168,038.3	497.3	179,039.1	539.7	194,291.3
9. M. Contreras	140.5	50,572.6	166.2	59,837.2	206.0	74,144.3
10. M. Hidalgo	371.0	133,561.7	392.3	141,212.1	421.4	151,690.2
11. Milpa Alta	35.7	12,856.7	72.8	26,220.4	177.5	63,885.0
12. Alvaro Obregón	299.5	107,606.8	329.3	118,537.4	370.6	133,432.0
13. Tláhuac	87.0	31,308.7	173.2	62,345.8	410.7	147,869.9
14. Tlalpan	201.7	72,620.2	231.5	83,350.5	275.8	99,296.0
15. Venustiano Carranza	395.5	142,394.7	413.2	148,769.6	437.4	157,459.5
16. Xochimilco	199.4	71,786.9	261.5	101,352.3	433.2	155,966.6
17. Naucalpan	483.2	179,963.6	617.0	222,130.8	639.1	302,095.8
18. Tlalnequántla	459.0	165,253.6	566.1	210,594.4	797.0	286,939.4
19. Atizapan de Zaragoza	56.7	20,467.7	72.4	26,057.4	98.0	35,437.4
20. Ecatepec	275.2	99,068.9	351.4	126,502.5	477.8	172,026.0
21. Netzahualcoyotl	793.3	285,581.3	1,012.9	364,640.8	1,377.6	459,941.9
22. La Paz	40.9	14,721.8	52.2	18,796.1	71.0	25,568.5
23. Cuautitlán	49.3	17,763.9	63.0	22,669.3	85.7	30,856.0
4. Tlaxitlán	65.1	23,449.8	83.1	29,932.5	113.0	40,706.8
25. Coacalco	27.9	10,044.6	46.2	16,632.0	66.6	31,176.0
26. Chimalhuacán	19.2	6,912.6	23.8	8,748.6	32.7	11,772.0
27. Huixquilucan	38.9	14,004.6	52.5	18,889.0	76.4	27,504.0
TOTAL AMCM	7,217.9	2,594,488.3	8,434.1	3,047,713.6	10,018.1	3,621,166.1

FUENTE: Referencia 7

3. DESCRIPCION DEL MEDIO NATURAL DE LA ZONA EN ESTUDIO

3.1 Localización de la serranía de Santa Catarina

La serranía de Santa Catarina se encuentra localizada al sureste de la ciudad de México y está limitada por las siguientes fronteras:

Al norte por la calzada Ermita Iztapalapa; al noreste por la autopista México-Puebla; al sureste, sur y suroeste por el acueducto de aguas negras que pasa al sur del poblado de Santa Catarina Yecahuizotl y al oeste y noroeste la serranía se encuentra limitada por el canal Garay hasta llegar al poblado de Santa Cruz Meyehualco. (FIGURA 1).

La serranía de Santa Catarina está formada por los siguientes cerros:

<u>NOMBRE (s)</u>	<u>LOCALIZACION</u>		<u>COTAS</u>	
			<u>APROXIMADAS (msnm)</u>	
1. Volcán Yuhualixqui (Cerro San Nicolás)	99° 03'	O 19° 19' N	2,250	2,400
2. Volcán Xaltepec (Cerro Xaltepetl)	99° 02'	O 19° 19' N	2,270	2,450
3. Cerro Tetecón	99° 01'	O 19° 19' N	2,350	2,450
4. Cerro Tecuautzi	99° 00' 30"	O 19° 19' 30" N	2,350	2,600
5. Volcán Guadalupe	99° 00'	O 19° 19' 30" N	2,450	2,750
6. Volcán La Caldera	98° 58'	O 19° 20' 30" N	2,300	2,400

Los primeros cinco cerros están dentro de los límites del Distrito Federal, y son parte de las delegaciones Iztapalapa y Tláhuac; el sexto cerro pertenece al Estado de México.

La serranía se encuentra rodeada de algunos asentamientos humanos, destacando por su relativo tamaño las poblaciones de San Lorenzo Tezenco, Santiago Acahualtepec y parte de Santa Cruz Meyohualco en la delegación Iztapalapa, con una densidad de población promedio de 75 a 90 hab/Ha; y Santa Catarina Yecahuitzotl, Santiago Zapotitlán y parte de San Francisco Tlateneco en la delegación Tláhuac con una densidad promedio de 200 a 350 hab/Ha.

3.2 Topografía de la zona

El cinturón volcánico de la serranía, presenta una topografía muy accidentada teniendo el terreno una forma abrupta.

Las cotas varían aproximadamente entre la 2,750 y la

2,250 msnm.

Dentro de los terrenos que rodean a la serranía, están incluidos parte de lo que son las delegaciones de Iztapalapa y Tláhuac cuyas características topográficas son:

Iztapalapa.- Es una región casi plana en su totalidad ya que es formación de lo que fué el lago de Texcoco.

Tláhuac.- La topografía se presenta en su totalidad como una planicie. Las sierras compuestas de rocas que se formaron al enfriarse las efusiones volcánicas, cerraron la cuenca y la convirtieron en una planicie sin salida para las aguas. Por el oriente quedó la sierra Nevada; al poniente, la de las Cruces; al norte, las de Tezontlalpan y Pachuca; al sur, la de Chichinauhzin y en el centro el alineamiento de la sierra de Santa Catarina. Solo la porción norte-noroeste es escabrosa por los desprendimientos de la sierra de Santa Catarina.

3.3 Hidrología y Geohidrología

El comportamiento hidrológico de la serranía, está controlado por la gran permeabilidad de su suelo y subsuelo, lo que impide escurrimientos superficiales en el cinturón volcánico; en el talud de acumulación que presenta mayor cantidad de materiales finos de tobas y arenas, se presentan trazas de escorrentías y escurrimientos superficiales, sin dejar de ser zona de recarga de acuíferos.

El NAF varía entre los 200 y 250 cm de profundidad en la base de la serranía y del lado poniente de la misma, varía entre 175 y 225 cm de profundidad.

En lo referente a recarga de acuíferos, la serranía es un elemento importante en la recarga del acuífero Xochimilco-Tecomitl que está situado entre las serranías de basalto del sur del valle y la de Santa Catarina. Dicho acuífero será, hasta fines del presente siglo una de las fuentes más importantes para abastecer de agua a la ciudad de México.

3.4 Climatología

La serranía de Santa Catarina corresponde a las partes elevadas de los edificios volcánicos y su clima es templado seco.

Sus características térmicas son:

- Temperatura media anual 16°C.
- Temperatura media mínima anual 4.1°C.
- Temperatura media máxima anual 28°C.

Estas temperaturas medias se obtuvieron tomando en consideración sólo las estaciones climatológicas de Tláhuac e Iztapalapa¹⁰. En las TABLAS 1.7 a 1.9 se presentan los valores mensuales para estos parámetros.

La precipitación anual promedio es del orden de 645 mm y su intensidad es baja (128 mm en Julio y Agosto y entre 50 y 60 mm máximo en 24 horas). En la TABLA 1.10 se presentan los promedios mensuales de precipitación para la zona en estudio.

Esta es la zona por donde penetran los vientos regionales del noreste y sureste que son los más fuertes e intensos. Es, por lo tanto, una zona de vientos fuertes con gran potencial para verse contaminada por polvos provenientes del Vaso de Texcoco y zonas aledañas.

La serranía de Santa Catarina es una muy eficiente cortina interceptora de vientos que protege a las zonas agrícolas de Xochimilco de los vientos provenientes del noreste y a las zonas urbanas de Iztapalapa y Ciudad Netzahualcóyotl de los vientos provenientes del sureste.

En las FIGURAS 2 y 3 se presentan las rosas de los vientos para Iztapalapa y Tláhuac.

3.5 Geología y Geomorfología de la serranía

La serranía de Santa Catarina es una elevación tectónica volcánica de origen cuaternario que se empezó a formar durante el pleistoceno superior y que aún se encuentra en proceso de formación³.

La serranía es una unidad cuaternaria que se extiende hacia el este de la ciudad de México con una orientación subparalela (este a oeste); consiste de una serie de pequeños aparatos volcánicos que se elevan sobre el fondo de la cuenca hasta alturas que varían de 2,350 a 2,800 metros sobre el nivel del mar. Desde un punto de vista estructural, la serranía corresponde a un cinturón volcánico que se encuentra en una etapa de elevación reciente o joven.

Los impulsos tectónicos del pleistoceno originaron una última etapa de vulcanismo en la cuenca de México, con emisiones de cenizas y lavas; este ciclo se presentó simultáneamente con precipitaciones torrenciales que trajeron como consecuencia nuevos depósitos de material volcánico sin llegar a alcanzar grandes espesores.

La rápida formación de la serranía explica la gran permeabilidad y porosidad de sus rocas, características que le

dan un alto grado de infiltración convirtiendo esta unidad en un área valiosa para la recarga de acuíferos.

La serranía de Santa Catarina está formada por materiales clásticos interestratificados de origen basáltico-andesítico, dada su reciente actividad tectónica, es una zona sujeta a una sismicidad intensa. La serranía es una zona de evolución incipiente en cuanto al grado de equilibrio dinámico entre clima, suelo y vegetación.

Por tener taludes mayores de 15° , la serranía está sujeta a movimientos de reptación de las capas superiores del suelo. Sus conos están formados por grandes acumulaciones de cenizas arenas y brechas volcánicas con ángulos críticos de reposo del material, de manera que el simple poblamiento vegetal que da sobrepeso y retiene agua determina el lento movimiento de las capas superficiales aguas abajo.

La serranía presenta también el fenómeno de coluviamiento que corresponde a un proceso natural permanente mediante el cual el material de las partes superiores de cualquier sitio elevado tiende a ser movido por acciones gravitacionales o hídricas para llegar a depositarse en las partes inferiores de las vertientes y taludes locales y zonales.

Básicamente el coluviamiento es un proceso morfogenético complejo por el cual las áreas verdes elevadas tienden a desnudarse y las deprimidas a rellenarse. El proceso es sumamente lento, pero de gran importancia según su intensidad y el tipo de materiales involucrados.

Una forma de contaminación provocada por el coluviamiento puede originarse por coluviones finos que, arrastrados por las escorrentías, llegan a taponar y hasta sellar los poros del

suelo determinando menores coeficientes de infiltración, causa de anegamientos en las áreas afectadas haciendo más difícil la recarga de acuíferos de dichas áreas. Este es el caso por el cual se forman los fenómenos de gleyación de los andosoles gleycos de la serranía de Santa Catarina, los cuales, a pesar de tener un alto grado de permeabilidad, presentan condiciones de sobresaturación; fuera de estos fenómenos críticos el coluviamiento no alcanza, en condiciones naturales un grado de peligrosidad, pero en cambio se propicia su intensidad a partir de la degradación de la cubierta vegetal o del aumento de las pendientes por remoción del material, y los procesos coluviales pueden traducirse en el aporte de mayores cantidades de material que puede llegar a acelerar el azolvamiento de la red de alcantarillado de la ciudad.

La solifluxión corresponde al movimiento pendiente abajo de los suelos y escombros arcillosos bajo condiciones de sobresaturación. En áreas de la serranía de Santa Catarina este fenómeno puede presentarse con lluvias violentas que superan momentáneamente la velocidad de infiltración del suelo en las capas más superficiales provocando el flujo laminar en éstos.

En la serranía de Santa Catarina los deslizamientos de escombros y tierra ocurren preferentemente en los conos de los edificios volcánicos cónicos, en los cuales el material reposa con ángulos críticos cercanos a los 40° , de manera que cualquier movimiento sísmico o la sobrecarga de un exceso de agua, determinan el deslizamiento. La serranía también presenta en algunas áreas la condición de denudación, en la cual la velocidad de remoción es mayor que la de acumulación o descomposición y ello determina que estas áreas se encuentren con sus estructuras descubiertas o denudadas.

3.6 Características de los suelos

En la base de la serranía, en el poblado de Santa Catarina, se tienen suelos de la unidad de Andosoles gleycos, que son suelos de Ando, pero que mantienen un alto nivel de saturación hídrica en su perfil. Por tanto, estos suelos tienen un horizonte superficial con influencia de aguas freáticas que se encuentran entre los 175 y 250 cm de profundidad. Son suelos que presentan texturas uniformes de migajones de arena fina hasta limoarenosos finos, de colores gris oscuro o negro, con alto grado de contenido de materia orgánica en forma de nitrógeno y fósforo, cantidades altas de fierro, magnesio y calcio; el sodio y el potasio se encuentran en cantidades bajas, su pH es ligeramente ácido, este suelo posee gran capacidad de retención de agua y de intercambio iónico.

Los suelos en la base oeste de la serranía presentan problemas de drenaje en el subsuelo, tienen una variación del nivel del manto freático de 50 a 125 cm de manera que presentan características hidromórficas. Los suelos en esta zona son pobres en materia orgánica y presentan problemas de salinidad.

En los fondos de los cráteres de los volcanes de la serranía se encuentran suelos formados por arcilla aluvial la cual disminuye la permeabilidad del suelo.

Los regosoles son suelos débilmente desarrollados a partir de materiales no consolidados y de calibres gruesos (desde lapillis hasta arenas finas y cenizas volcánicas). Son materiales que se encuentran como constituyentes principales de la gran mayoría de los conos cinerísticos de la serranía de Santa Catarina.

Como en estos suelos no se han desarrollado sino únicamente unas pocas características edáficas, los encontramos a manera de depósitos minerales poco compactos, con texturas que

van de medias a ligeras, de migajones limoarenosos y arenosos. Su densidad es mayor que la de los suelos Ando, y por su consistencia generalmente suelta, tienen muy baja capacidad para retener la humedad por lo que su desague es relativamente rápido. Sus colores son cafés, grises o negros; generalmente son ricos en materia orgánica con nitrógeno y fósforo en cantidades elevadas, así como de calcio.

De acuerdo con su capacidad potencial de fertilidad estos suelos se dividen en regosoles dístricos y regosoles éutricos. En los primeros, la capacidad de saturación de las bases es inferior al 50% en parte porque han sido fuertemente lixiviados y también porque han sido sometidos a una explotación agrícola o silvícola. Los regosoles éutricos han conservado su fertilidad natural por encontrarse en áreas poco presionadas aunque el bosque se encuentre un poco alterado.

En las partes más altas de la serranía se encuentran regosoles dístricos, mientras que los regosoles éutricos se encuentran formando parte de sus conos volcánicos cineríticos.

En la FIGURA 4 se muestran los distintos tipos de suelos que forman la zona en estudio.¹

La serranía de Santa Catarina tiene como uso actual del suelo la explotación restringida de materiales para construcción del tipo de arena y tezontle, pero coexisten una serie de terrenos de cultivos entre las canteras sembrados básicamente de maíz y tomate de cáscara.

En la FIGURA 5 se presentan los tipos de usos del suelo actuales en la serranía de Santa Catarina.¹

Por su alto grado de permeabilidad, la serranía es una zona de recarga de acuíferos de la planicie lacustre.

La forma abrupta del terreno en el cinturón volcánico y su poco desarrollo edáfico no dan un apoyo adecuado a otro tipo de uso que no sea el de área verde. Dicho uso reforzaría sus funciones de recarga, intercepción eólica y belleza escénica.

El talud de la serranía, por su inestabilidad, bajo desarrollo, su pendiente y su terreno abrupto, solo puede aceptar una actividad pecuaria controlada, a base de desarrollo frutícola y florícola, complementada con una actividad pecuaria avícola.

3.7 Flora y Fauna

A la fecha se han realizado pocos estudios de la vegetación particular de la zona en estudio. Sin embargo, informes del medio biológico generados para áreas vecinas a la serranía, como el cerro de la Estrella, permiten entrever que en épocas anteriores en la zona existía un bosque de encinos.

Respecto a la vegetación más reciente, en la descripción de la misma que cubría el área hace poco más o menos 50 años, se menciona la presencia de Schinus molle, Nolina, Senecio praecox, Tecoma stans, Mantonia tormentosa, Bursera fagaroides, Salvia grahami, Opuntia y Agave¹¹.

En la actualidad el cuadro es muy diferente, pues las laderas bajas más tendidas, estaban hasta hace poco ocupadas por cultivos e incluso por habitaciones humanas; grandes porciones de los cerros se encuentran tajadas como consecuencia de la explotación de materiales para construcción que allí se lleva a

cabo. Los sitios donde todavía no ha habido ninguna explotación y que se pueden considerar de pendiente fuerte, están cubiertos generalmente por zacatal, algunas veces con árboles esparcidos de *Schinus molle*. Tanto en el zacatal como bajo los eucaliptos abunda de manera notable la gramínea *Bouteloua gracilis*.

La fuerte influencia de actividades del hombre sobre este zacatal trajo como consecuencia el establecimiento de matorral inerme, combinado con algunos bosques asociados, en su mayoría de pirul, que existen actualmente en algunos sitios de la serranía, principalmente formando parte del volcán Guadalupe y del cerro Tecuautzi.

En la serranía se encuentran extensiones de maleza o malas hierbas cuya presencia es debida al disturbio ecológico provocado por las actividades mineras y al abandono de las mismas. Se encuentra esta situación en varias áreas de los cerros y en terrenos baldíos aledaños a la zona urbana.

Finalmente el uso extensivo de los terrenos para la agricultura, así como las áreas sometidas a explotación y el ulterior abandono de las mismas, debe ser la causa de la escasa y heterogénea vegetación actual.

En lo que respecta a la fauna, ésta es variada y muestra un buen número de mamíferos, aves, escasos reptiles y una gran cantidad de invertebrados, principalmente de la clase insecta.

Dentro de los mamíferos se encuentran:

Quiropteros: algunas especies de murciélagos

Roedores: ratas

Carnívoros: gato común, perros

Ungulados: caballos, burros, borregos

Hay una gran variedad de pájaros, los más comunes son: palomas, gorriones y verdines amarillos.

Dentro de los reptiles encontramos algunas especies del orden de los saurios como lo son las diversas especies de lagartijas.

Con respecto a organismos invertebrados encontramos representantes de la clase insecta, como son los grillos, cucarachas, mariposas, moscas, mosquitos, abejas, abispas y hormigas.

Existen también la cría de animales domésticos como guajolotes, ganado porcino y bovino.



FACULTAD DE INGENIERIA		UNAM
LOCALIZACION		
J.C.M.A.	ENE - 82	FIG 1

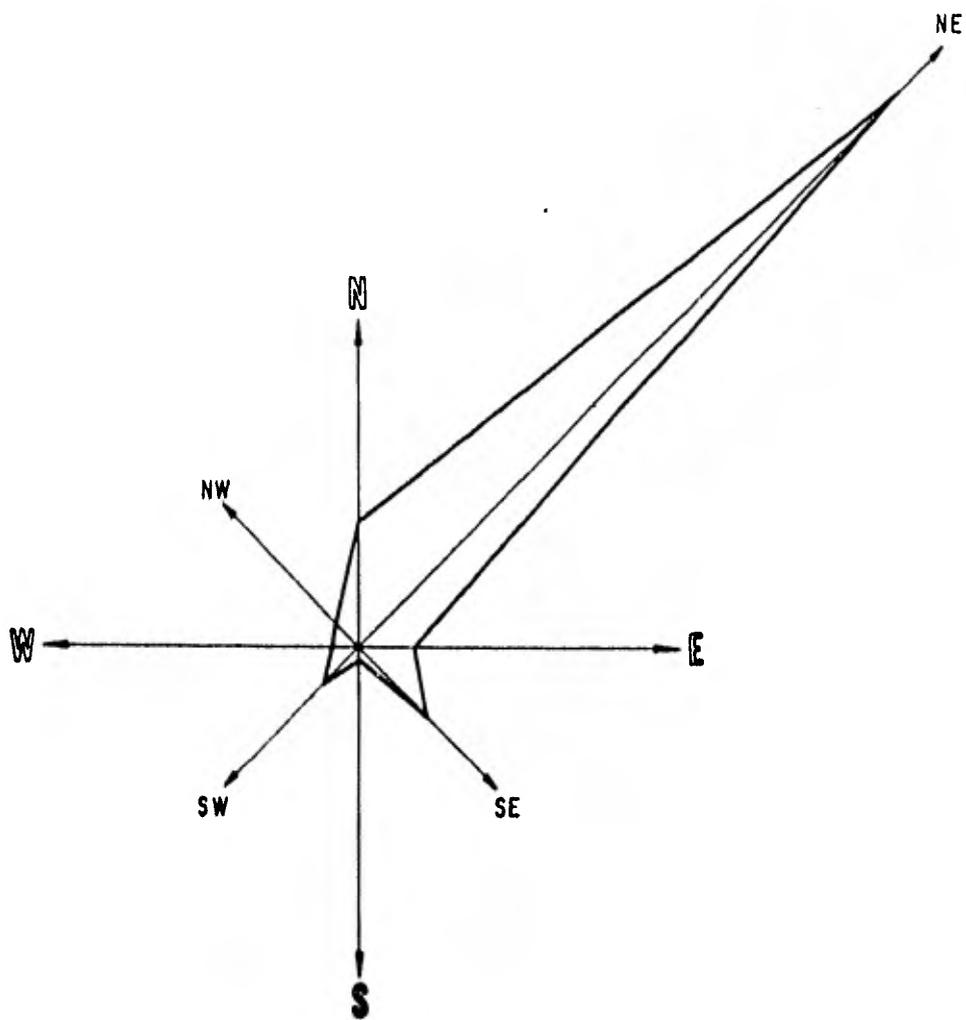


Fig 2 Vientos dominantes Iztapalapa D.F.

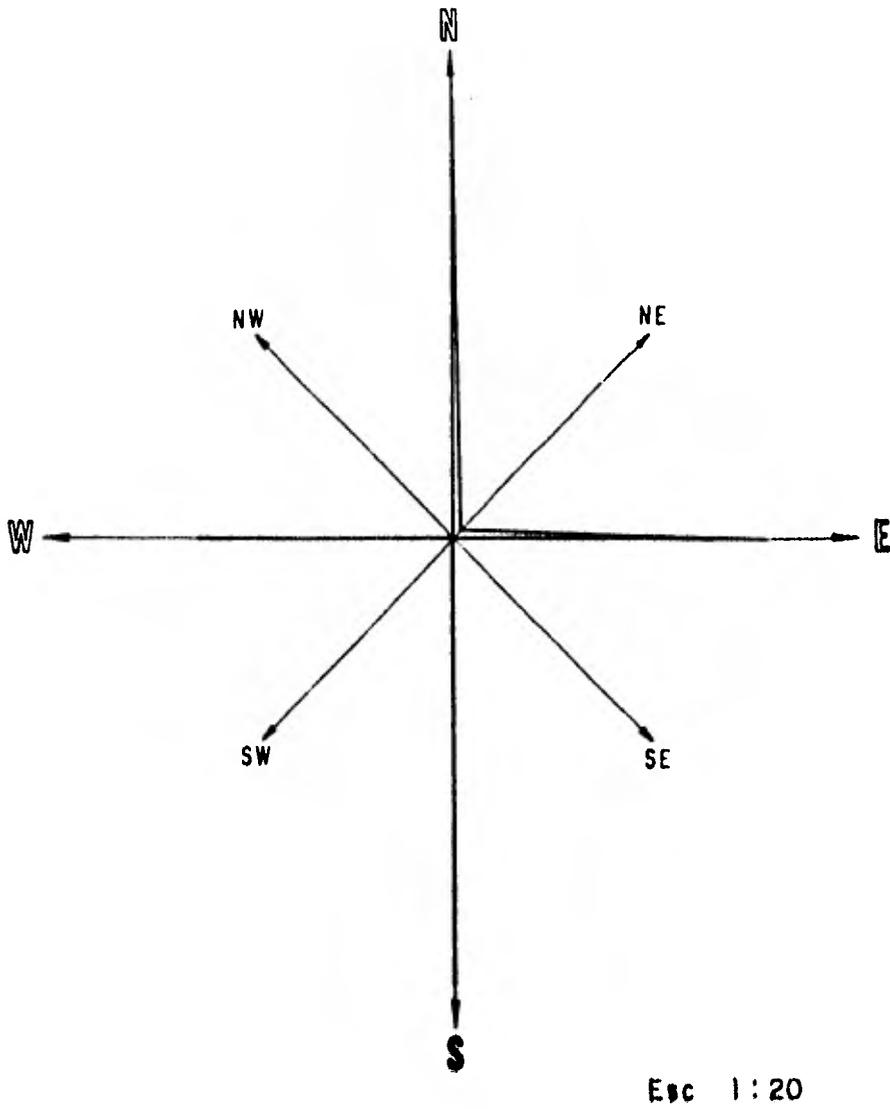


Fig 3 Vientos dominantes Tláhuac D.F.



SIMBOLOGIA

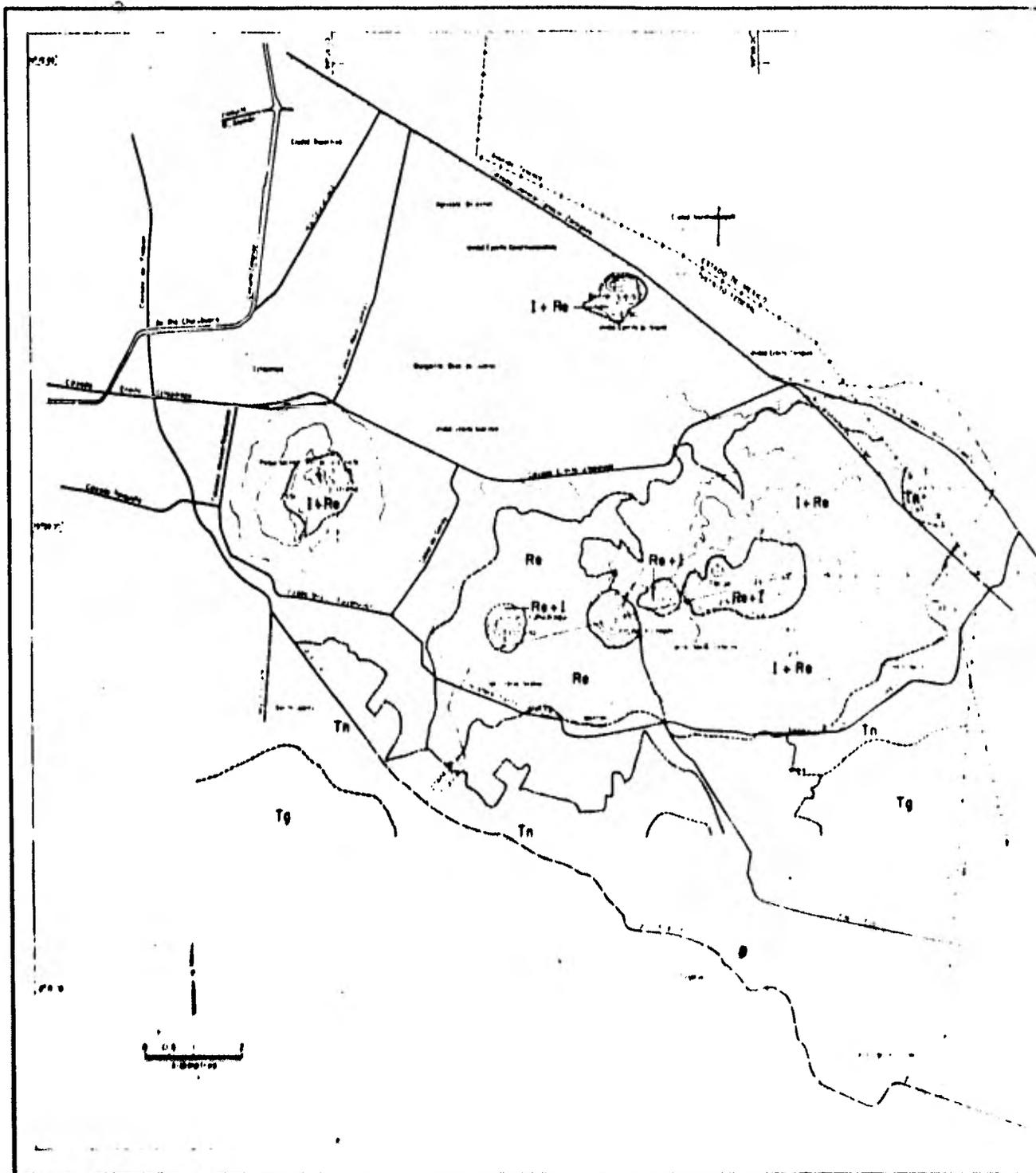
- UNIDADES DE SUELOS
- Re Regosol Eutrófico
 - Rd Regosol Distrófico
 - Tn Andosol Máfico
 - Tg Andosol Gleyico
 - I Litosol
 - Re+I Regosol Eutrófico con Litosol
 - I+Re Litosol con Regosol Eutrófico
 - Rd+I Regosol Distrófico con Litosol
 - I+Rd Litosol con Regosol Distrófico
 - Tn+I Litosol con Andosol Máfico
 - Tg+I Andosol Máfico con Litosol

FACULTA DE INGENIERIA		UNAM
SUELOS		
J.C.M.A.	ENE - 82	PÁG. 4

SIMBOLOGIA

UNIDADES DE SUELOS

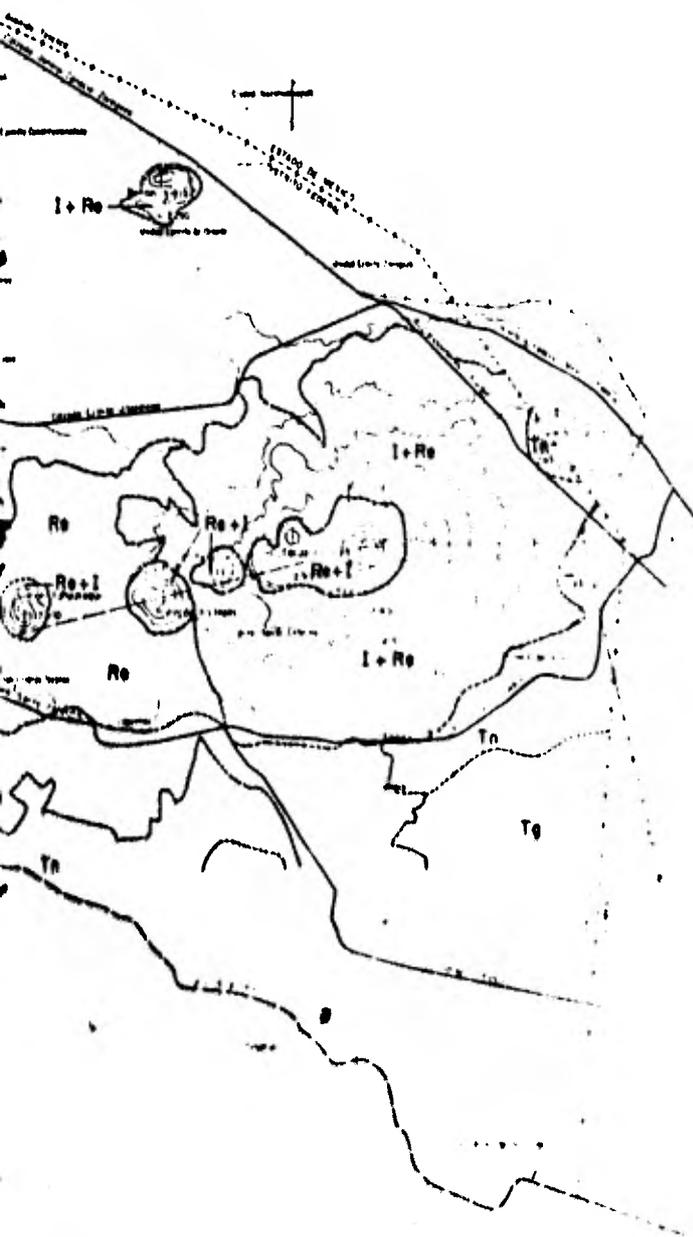
Re	Regosol Eutrico
Id	Regosol Districo
Tn	Andosol Haplico
Tg	Andosol Gleyco
I	Litosol
Re + I	Regosol Eutrico Litosol
Re + Re	Regosol con Regosol
Re + I	Regosol Districo Litosol
I + Re	Litosol con Regosol
Re + Tn	Regosol con Andosol
Re + I	Regosol Haplico Litosol



SIMBOLOGIA

UNIDADES DE SUELOS

Re	Regosol Eutrico
Id	Regosol Districo
Tn	Andosol Haplico
Tg	Andosol Gleyco
I	Litosol
Re+I	Regosol Eutrico con Litosol
I+Re	Litosol con Regosol Eutrico
Id+I	Regosol Districo con Litosol
I+Id	Litosol con Regosol Districo
Tn+I	Litosol con Andosol Haplico
Tn+I	Andosol Haplico con Litosol





SIMBOLOGIA

- ZA Zona Agrícola
- PN Parque Nacional
- ENIC Explotación de minerales no metálicos, con cultivos
- ZI Zonas Industriales
- ZID Zonas Industriales por Decreto Presidencial
- Zona urbana
- ZUC Zona urbana con cultivos

40

FACULTAD DE INGENIERIA		UNAM
USOS DEL SUELO		
J.C.M.A.	ENE - 82	FIG 5

SIMB

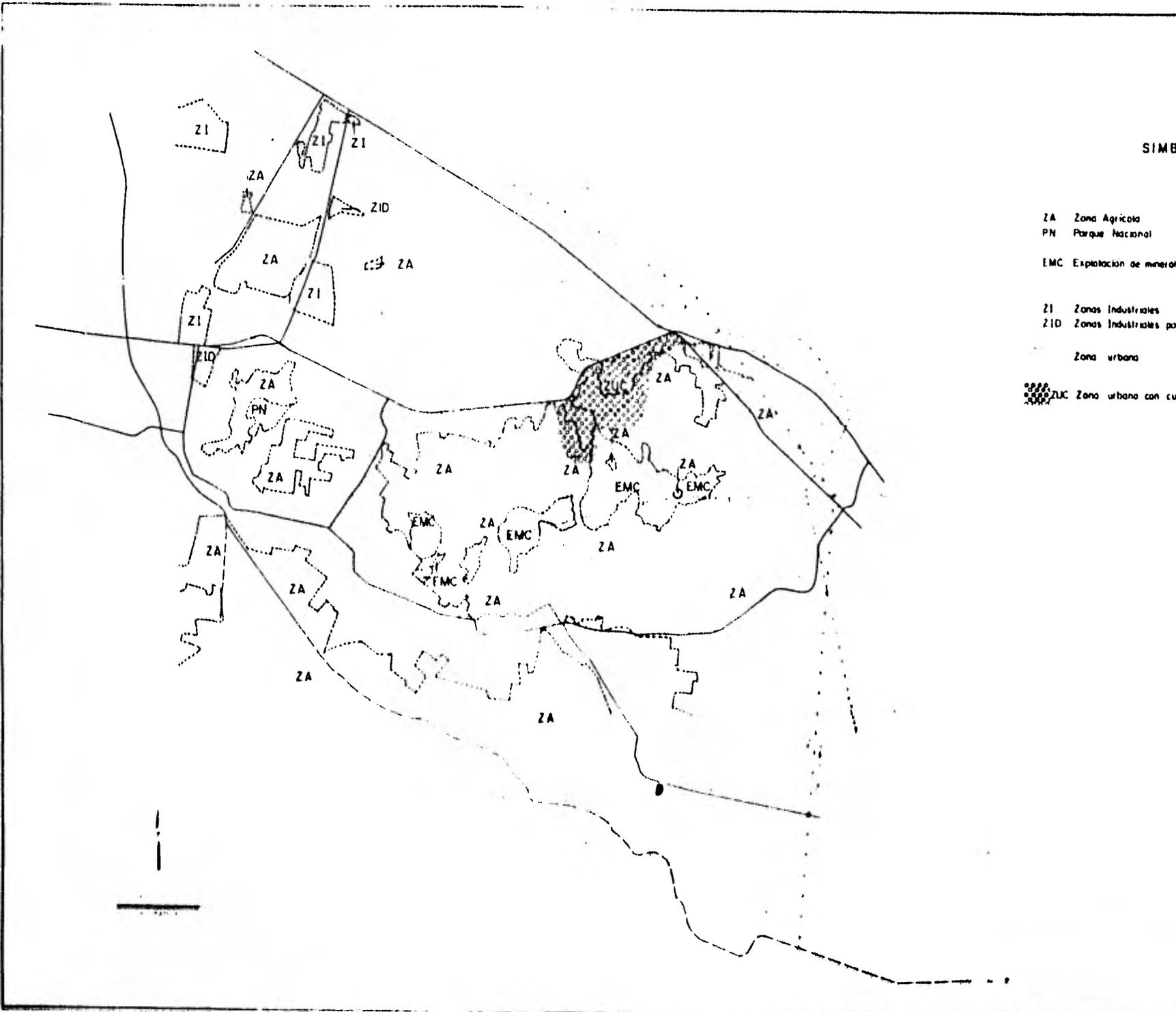
ZA Zona Agrícola
PN Parque Nacional

EMC Explotación de minerales

ZI Zonas Industriales
ZID Zonas Industriales par

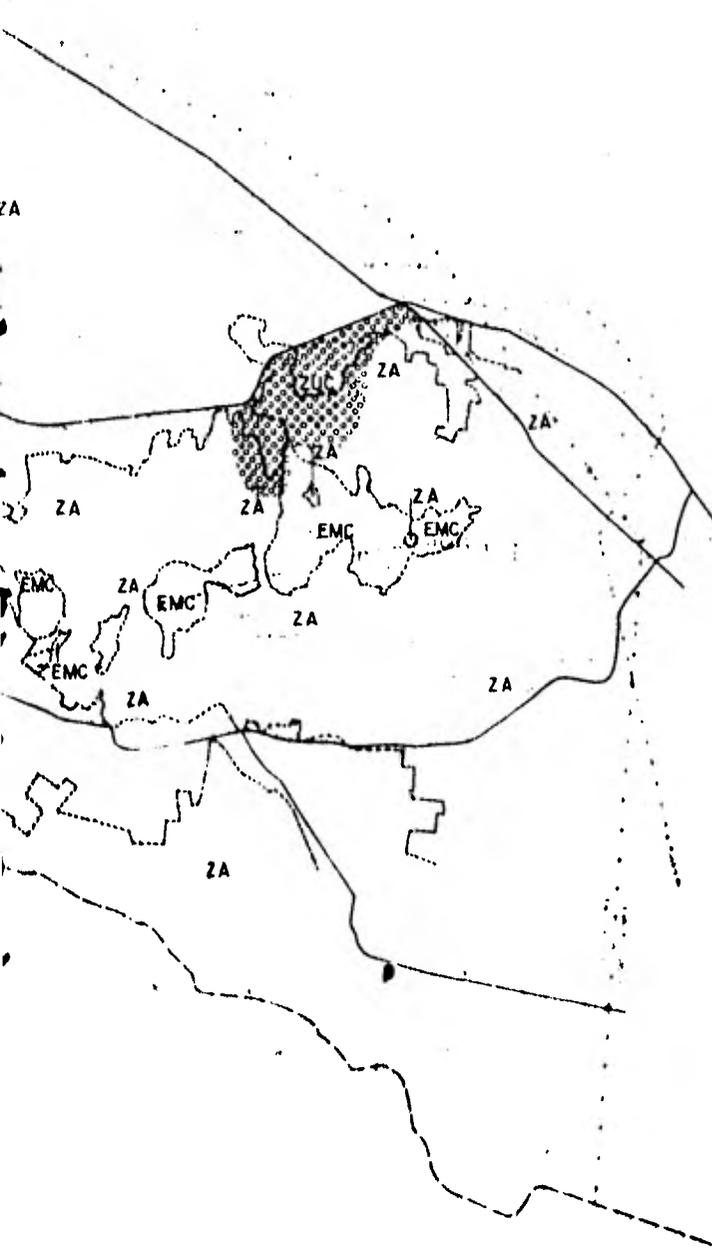
Zona urbana

ZUC Zona urbana con cu



SIMBOLOGIA

- ZA Zona Agrícola
PN Parque Nacional
EMC Explotación de minerales no metálicos con cultivos
ZI Zonas Industriales
ZID Zonas Industriales por Decreto Presidencial
Zona urbana
ZUC Zona urbana con cultivos



07

FACULTAD DE INGENIERIA

UNAM

USOS DEL SUELO

J.C.M.A.

ENE - 82

108

TABLA 1.7 TEMPERATURAS MEDIAS. PERIODO 1965-1980, °C

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Iztapalapa	13.9	14.5	16.5	18.0	19.1	18.8	17.8	17.9	17.4	16.4	14.9	13.7	16.6
Tláhuac	12.6	13.1	15.6	17.0	18.1	17.6	17.2	17.0	17.1	16.0	13.7	12.9	15.7
Promedio	13.2	13.8	16.1	17.5	18.6	18.2	17.5	17.4	17.2	16.2	14.3	13.3	16.1

TABLA 1.8 PROMEDIO DE TEMPERATURAS MINIMAS EXTREMAS. PERIODO 1965-1980, °C

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Iztapalapa	-0.1	0.6	3.5	5.6	7.8	8.9	9.6	10.0	8.0	5.7	2.5	1.0	5.3
Tláhuac	-2.8	-0.6	1.6	3.1	6.2	6.5	7.4	7.1	5.9	3.0	0.1	-1.0	3.0
Promedio	-1.4	0.0	2.5	4.3	7.0	7.7	8.5	8.5	6.9	4.3	1.3	0.0	4.1

TABLA 1.9 PROMEDIO DE TEMPERATURAS MAXIMAS EXTREMAS. PERIODO 1965-1980, °C

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	PROM.
Iztapalapa	26.0	26.9	29.4	30.7	30.9	29.1	27.3	26.8	26.5	26.6	26.0	25.5	27.6
Tláhuac	26.9	27.6	30.1	31.0	31.7	30.0	27.4	26.8	27.1	27.9	26.4	26.8	28.3
Promedio	26.5	27.3	29.8	30.9	31.3	29.6	27.4	26.8	26.8	27.3	26.2	26.2	28.0

TABLA 1.10 PRECIPITACION PROMEDIO. PERIODO 1965-1979, mm

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	TOTAL
Iztapalapa	13.0	6.0	10.5	22.0	56.4	102.2	133.2	128.4	111.8	49.8	5.1	5.2	643.6
Tláhuac	14.7	6.9	11.6	23.3	59.7	104.7	123.6	127.5	105.1	55.6	5.0	7.5	645.2
Promedio	13.9	6.5	11.0	22.6	58.1	103.5	128.4	128.0	108.5	52.7	5.0	6.3	644.5

4. ASPECTOS SOCIOECONOMICOS DE LA ZONA EN ESTUDIO

La serranía de Santa Catarina pertenece a las delegaciones Tláhuac e Iztapalapa del Distrito Federal (FIGURA 1).

Con el fin de enmarcar la zona de estudio dentro de un medio socioeconómico, se describen a continuación las características generales de las dos delegaciones, mostrándose en mayor detalle las correspondientes a las poblaciones que rodean o se localizan dentro de la propia serranía.

4.1 Delegación Tláhuac

La delegación Tláhuac se halla localizada al sureste del Distrito Federal. Limita al norte con la delegación Iztapalapa, al oeste con la Xochimilco, al sur-suroeste con la Milpa Alta y al este con el Estado de México¹².

La superficie calculada para Tláhuac es de 88,41 Km². Ocupa el séptimo lugar en cuanto a extensión dentro del Distrito Federal.

4.1.1 Población

Se calcula que para 1975 la población de la delegación ascendió a 78,873 habitantes aproximadamente, que representan alrededor del 1.4% del total de la capital del país.¹²

En la FIGURA 6 se muestra la tendencia de crecimiento de la población en los últimos 40 años.

La población estimada para 1975 se distribuyó parcialmente en los siguientes poblados y colonias:

POBLADOS

San Pedro Tláhuac (cabecera)	15,465
San Andrés Mixquic	6,887
San Nicolás Tetelco	5,282
San Juan Ixtayopan	6,860
San Francisco Tlaltenco	12,030
Santa Catarina Yecahuizotl	4,688
Santiago Zapotitlán	10,082

COLONIAS

Miguel Hidalgo	5,228
Colonia del Mar	2,600
La Nopalera	6,500
Los Olivos	3,251

Dentro de los poblados de especial interés para nuestro estudio, por su cercanía a la serranía, destacan los siguientes: Santa Catarina Yecahuizotl, Santiago Zapotitlán y San Francisco Tlaltenco.

4.1.2 Infraestructura

La delegación Tláhuac cuenta con la siguiente infraestructura

tura y equipamiento urbano:

- 14 jardines de niños
- 37 escuelas primarias
- 5 secundarias con dos turnos
- 2 escuelas tecnológicas
- 1 colegio de bachilleres
- 7 bibliotecas
- 6 estancias infantiles en los mercados
- 12 centros deportivos
- 1 unidad deportiva
- 6 panteones
- 4 plazas públicas

Tiene además 32 jardines que ocupan una extensión de 200,000 m² y 10 mercados, 6 que funcionan como tales y 4 concentraciones de comerciantes. Para efectos de vigilancia cuenta con 235 elementos de policía y una agencia del Ministerio Público. Cuenta además con una oficina de correos, dos sucursales de telégrafos, una Oficina Federal de Hacienda, una sucursal de la Compañía de Luz y Fuerza y otra de Teléfonos de México.

4.1.3 Servicios

En 1979 la delegación recogía diariamente 260 toneladas de basura con 82 trabajadores que utilizaron 15 camiones y 2 barradoras. Parte de la basura se dispuso en un relleno sanitario ubicado en la zona de minas del pueblo de Santiago Zapotitlán, el resto se incorporó al sistema que utiliza el tiradero de Santa Cruz Meyehualco. En ese año la delegación tenía colocadas 7,576 lámparas para alumbrado público que representó una densidad promedio de 86 lámparas por Km².

El sistema de salud pública de la delegación carece de

los medios necesarios para proporcionar servicio a toda la comunidad. Hay un Centro de Salud de la Secretaría de Salubridad y Asistencia, un hospital de emergencias y un consultorio particular. La población en su mayoría recurre a los servicios de otras delegaciones.¹²

La dotación de agua que recibe esta demarcación proviene de los manantiales de Tulyehualco.

4.1.4 Economía

La población que habita esta jurisdicción es eminentemente campesina. Un 50% de la población vive de la agricultura aunque trabaja en fábricas, comercios o industrias. El terreno laborable es en una mitad aproximadamente ejidal y, en la otra, pequeña propiedad. Los principales cultivos son el maíz, frijol, tomate, haba, ejote, remolacha y cebada.

En las chinampas se cultiva acelga, la coliflor, la col y el rábano. La alfalfa verde, la avena en grano y el chile son también productos que se cosechan abundantemente, baste señalar que los chiles verde y seco acaparan casi en su totalidad la producción en el D.F.; el frijol, asimismo participa en un alto índice de producción en la capital del país, alcanzándose un nivel en Tláhuac de más del 25%. Los productos de esta zona son consumidos directamente en la ciudad de México, sin dejar de considerar, aunque al mínimo, la demanda propia de la localidad. Asimismo, la floricultura es una actividad desarrollada por algunos habitantes de Tláhuac, influenciados quizás por la cercanía del límite oriente de la subregión hortícola de Xochimilco.¹²

La actividad comercial y los servicios presentan en la delegación de Tláhuac un índice poco significativo en relación con el Distrito Federal.

Respecto a la ganadería ésta es una ocupación a la que se dedica el 10% de la población aproximadamente. Predomina la cría de ganado porcino (7a. en el país con 509,000 animales en 1975), vacuno, caprino y lanar. En avicultura, Tláhuac cuenta con varias granjas de gallinas y patos, especialmente en los poblados de Tláhuac, Tlaltenco, Zapotitlán y Santa Catarina. Finalmente en el lago se pescan juiles, culebras, carpas de Israel y lobinas.

Tláhuac es un centro receptor del flujo migratorio nacional; en 1970 se asentaban en ella un total de 10,687 personas provenientes de otras entidades de la República, entre las que destacaban el Estado de México, con el 15.7%, el de Guanajuato con un 14.5% y el de Michoacán con el 14.3%. En la misma delegación y para el mismo año de 1970 la distribución del ingreso presentaba el siguiente cuadro: el 7.4% percibía hasta 199 pesos mensuales; el 13.6% de 200 a 499 pesos; el 45% de 500 a 999 pesos; el 20.7% de 1,000 a 1,499 pesos; el 9.4% de 1,500 a 2,499 pesos; el 2.8% de 2,500 a 4,999 pesos; el 0.6% de 5,000 a 9,999 pesos y el 0.4% de 10,000 pesos a más mensuales.

La delegación de Tláhuac tiene registradas propiamente 25 industrias de las que destacan algunas fábricas de tabicón, de empaque y fábricas de tubos.¹²

4.2 Delegación Iztapalapa

La delegación Iztapalapa se localiza al este del Distrito Federal. Limita al norte con la delegación Iztacalco, al sur con la Tláhuac y Xochimilco, al este con el estado de México y al oeste con las delegaciones Benito Juárez y Coyoacán.¹¹

En una superficie estimada de 116 Km², la delegación contiene 8 barrios, 18 pueblos, 128 colonias, 10 unidades habita-

cionales, 1 ejido y 8 zonas urbanas ejidales.

4.2.1 Población

Para 1976 la delegación de Iztapalapa alcanzó la cifra de 1'300,000 habitantes según un estudio de la propia delegación a partir de datos del censo de 1970.¹³

En la FIGURA 7 se muestra la tendencia de crecimiento de la población en los últimos 40 años.

La acelerada expansión de la población se debe fundamentalmente a una elevada tasa de natalidad, 5.2% anual, aunada a una tasa de inmigración del 9.8% anual motivada por la creación continua de nuevos núcleos de población, unidades habitacionales principalmente en la zona este, y fraccionamientos populares. Estos han venido a llenar los vacíos que con el tiempo ha ido dejando el Distrito Federal para sus zonas de reserva, lo cual tiene por otro lado a desajustar el equilibrio referente a equipamiento y recursos.¹³

4.2.2 Infraestructura

En el aspecto de la educación, la delegación cuenta con un fuerte número de escuelas que no llegan a satisfacer enteramente la demanda que se presenta. En 1976 se tuvieron:

- 42 jardines de niños
- 111 primarias matutinas de carácter oficial
- 98 primarias vespertinas de carácter oficial
- 22 primarias matutinas particulares
- 2 primarias de educación especial
- 18 secundarias matutinas de carácter oficial
- 16 secundarias vespertinas de carácter oficial
- Unidad Iztapalapa de la Universidad Autónoma Metropolitana

- Colegio de Ciencias y Humanidades de la UNAM
- Dos centros de Estudios Profesionales

Asimismo, están a cargo de la delegación:

- 16 guarderías adscritas a mercados
- 4 guarderías adscritas a los Centros Sociales Femeniles
- Guarderías que pertenecen al IMSS y al DIF

En lo que respecta a equipamiento urbano, en 1976, el agua potable se suministró al 55% de la población y el resto se cubrió con hidrantes comunes. El drenaje solo dió servicio a un 35% de los habitantes. La electricidad estuvo disponible en un 95% de su territorio habitado mientras que el alumbrado público cubrió el 65%.

La vialidad primaria existente es consecuencia principal de las conexiones del D.F. con la carretera a Puebla y del entubamiento de los antiguos ríos y canales.¹³

4.2.3 Servicios

Para 1976 la delegación contó con los siguientes servicios: 20% de las líneas de teléfonos a casas particulares, siendo el número de casetas públicas escasas en zonas ya densamente pobladas.

El transporte público lo proporcionaron 9 rutas de camiones con sus respectivas derivaciones. El tipo de unidades fué variado predominando las de primera clase. Se tuvieron 6 líneas de trolebuses, 5 rutas de peseros con 14 ramas y 5 derivaciones por las cuales circularon 400 vehículos autorizados más un número indeterminado de independientes y piratas.¹⁴

Para 1976 se estimó que se recolectaron 353 toneladas diarias de basuras que representan el 71% del total. Se utilizaron 14 barredoras para el servicio de barrido mecánico en áreas públicas y se recogió basura de 70 lotes baldíos para evitar así la creación de focos de infección.¹³

4.2.4 Economía

Los datos más recientes muestran que el 62% de la población ocupada recibe salarios alrededor del mínimo con diferencias máximas de \$500.00 superior e inferior, de ahí se induce que el estrato mayoritario de la población está constituido por asalariados laborando en la industria y servicios de la ciudad y cuyo ingreso es sumamente sensible a las variaciones en los precios de los artículos de primera necesidad. El estrato de mayor importancia después del anterior está constituido por comerciantes, profesionistas y otro tipo de asalariados cuyos ingresos superan los \$2,000.00 mensuales respecto al salario mínimo, este estrato representa el 19% de la población; el restante 19% lo representan los estratos de ingresos más bajos y bastante eventuales, y está constituido principalmente por subempleados, comerciantes ambulantes y otros prestadores de diferentes servicios con demandas artificiales.¹³

Iztapalapa tiene una estructura productiva variada, aunque el sector agrícola se encuentra en proceso de desaparición en los casos que aún se practica. La ganadería, un poco más desarrollada, es todavía productiva; sin embargo, ninguna de esas actividades tienen preponderancia siquiera regular ante el aparato industrial que está distribuido, predominando las industrias de materiales de construcción, química, textil y de las artes gráficas.

En la zona de la delegación se encuentran emplazadas alrededor de 1,200 empresas industriales.

El 28% de la población es la económicamente activa, de esta cifra (252,000 individuos) 45,850 trabajan en la industria de transformación; los no asalariados registrados son 57,057 y el resto se dedica a otras actividades.

La explotación de los recursos mediante actividades primarias está en etapa decadente; la agricultura, ganadería y explotación de minas de arena y tezontle ocupan el 3.2% de la población económicamente activa.

Las perspectivas a largo plazo son halagüeñas para Izta palapa ya que inevitablemente los proyectos de industrialización a mediano y largo plazo favorecen la ampliación de las zonas industriales de San Lorenzo y calzada Tulyehualco.¹³

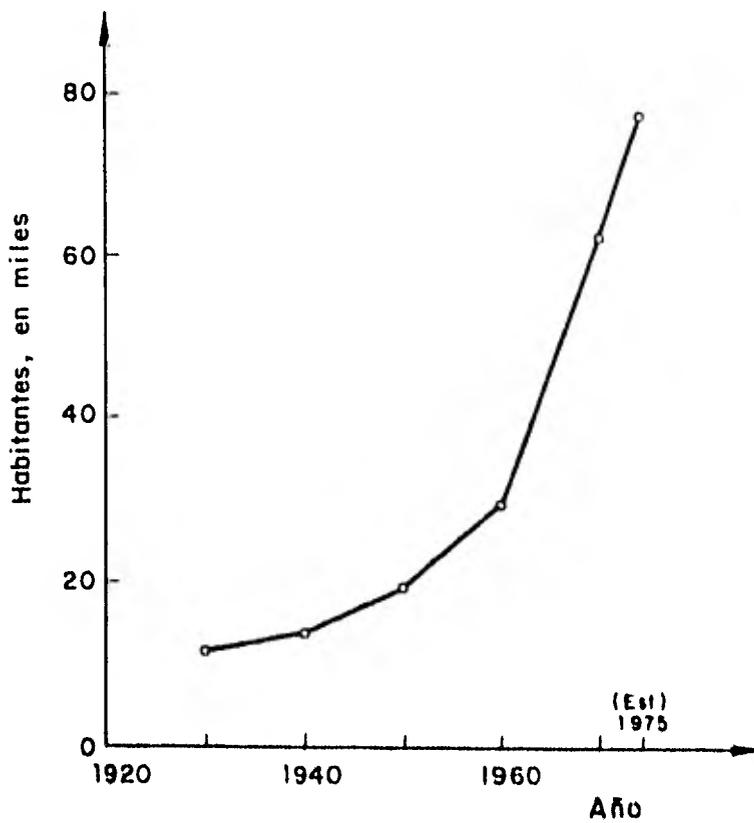


Fig 6 Tendencia de crecimiento de la población delegación de Tláhuac

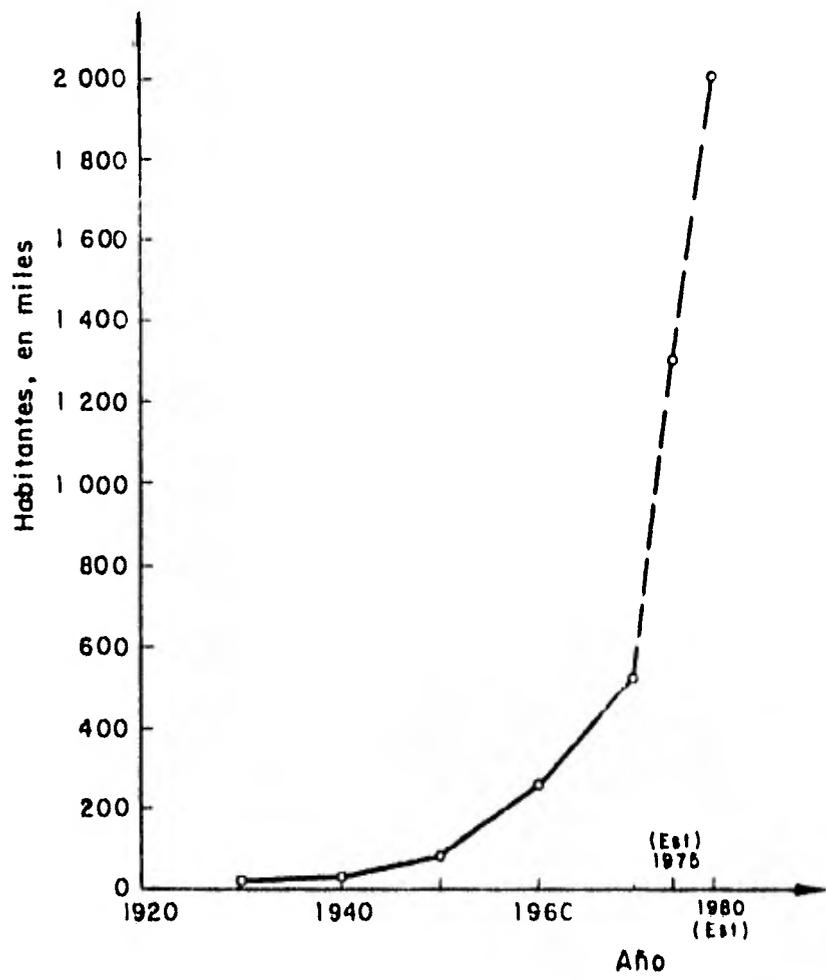


Fig 7 Tendencia de crecimiento de la población delegación de Iztapalapa

5. DISEÑO DE UN RELLENO SANITARIO EN LA SERRANIA DE SANTA CATARINA, D. F.

5.1 Métodos de disposición de desechos sólidos

La palabra disposición en el tratamiento de basuras se refiere a someterlas a diversos procesos, para depositarlas, transformarlas o destruirlas, con el fin de nulificar toda molestia o daño que puedan causar.

Un aspecto interesante dentro de los procesos de eliminación, es la obtención de algún provecho de las basuras, pues los altos costos de recolección y transporte, obligan a tratar de obtenerlo, que, aunque sea mínimo, aligere en algo estos gastos, dicho aspecto se denomina industrialización de las basuras.

La industrialización de las basuras origina un estudio en cada proceso de disposición, con el fin de que se le considere como posible fuente de algún negocio recuperativo; pero, desde luego, hay que puntualizar que la finalidad de esta eliminación es de orden sanitario, es decir, para hacer efectiva la remunera-

ración no se deben vulnerar las condiciones de resguardo que impone la salubridad ambiental.

Los procesos de disposición que existen son:

- Tiraderos a cielo abierto
- Rellenos sanitarios
- Conversión en abonos orgánicos
- Incineración

5.1.1 Tiraderos de basura a cielo abierto

Este sistema de eliminación, que no puede considerarse como un procedimiento sanitario, consiste en depositar las basuras a la intemperie, en terrenos alejados de la población, formando promontorios de hasta 6 a 8 metros de altura que ocasionalmente se queman o fumigan.

Como puede verse, este sistema tiene muchos inconvenientes, tanto en los aspectos económicos como sanitarios y sociales. En el aspecto económico, cuando la distancia al tiradero es grande, origina altos costos de operación, también origina el desgaste rápido de las unidades de transporte al verse obligados los vehículos a transitar sobre declives saturados por vidrios y otros materiales punzocortantes.

Por otro lado, las basuras al quemarse producen olores y humos molestos, se puede originar su dispersión según la intensidad del viento y, además constituyen criaderos de insectos y roedores que son vectores en la transmisión de enfermedades.

Los terrenos ocupados quedan temporalmente invalidados y los lotes cercanos sufren demérito en su valor comercial.

Finalmente, ya que en estos tiraderos puede disponerse prácticamente de cualquier tipo de basura, propicia y fomenta la pepena.

5.1.2 Relleno sanitario

El relleno sanitario es un método de disposición última de los desechos sólidos en un terreno, esparciéndolos en capas delgadas, compactándolas al volumen práctico más pequeño y cubriéndolos con tierra al final de cada jornada de trabajo, de manera que el ambiente esté siempre protegido. Un relleno sanitario es muy diferente a un vertedero, entre cuyas molestias están las ya mencionadas y que son los incendios, los malos olores, la proliferación de roedores y otras plagas, etc. Estas molestias y algunas otras son prevenidas en los rellenos sanitarios mediante la cubierta de tierra que les es aplicada a diario.

El relleno sanitario consiste en 4 operaciones básicas:

- 1.- Los desechos sólidos se depositan de manera controlada en una porción preparada del sitio seleccionado.
- 2.- Los desechos sólidos se esparcen y se compactan en capas.
- 3.- Los desechos se cubren diariamente o más frecuentemente, si es necesario, con una capa de tierra u otro material apropiado.
- 4.- El material de cubierta se compacta diariamente.

Existen tres tipos básicos de rellenos sanitarios:

- Método de trinchera
- Método superficial o de áreas
- Método de pendiente o depresión

- Método de trinchera.- Consiste en cavar una zanja de 2.5 a 6 m de profundidad, dependiendo de las características del suelo; depositar los desechos en la trinchera y compactarlos antes de cubrirlos con tierra. Al emplear este método se produce normalmente un exceso de suelo, pues los desechos sólidos ocupan el espacio en el que éste se encontraba.

- Método de área.- Se emplea sobre una superficie amplia donde se vierten los desechos y se compactan antes de ser cubiertos con tierra. Cuando se emplea este método, se requiere de una fuente externa de material de cubierta y el relleno terminado da por resultado la elevación superficial del terreno.

- Método de pendiente.- Aprovecha las irregularidades o de presiones topográficas naturales o artificiales. Se usa para rellenar cañones, barrancas, pozos y canteras. Los desechos se depositan contra la pendiente existente y son compactados antes de ser cubiertos con tierra. También se requiere de una fuente externa de material. La profundidad total de este tipo de rellenos es, por lo general, mayor que en los de áreas. Los desechos se acomodan en celdas de 2.5 a 3 m de profundidad, que se ponen una sobre otra hasta alcanzar la elevación superficial deseada.

5.1.3 Conversión en abono orgánico

La composta o abono orgánico es el producto resultante de un proceso biológico en que la fracción orgánica putrescible de la basura sufre una degradación bacteriológica en presencia de oxígeno.

La composta es un compuesto orgánico hecho con productos que han tenido su origen en el suelo y que al humificarse mediante un proceso acelerado de descomposición bacteriológica, dan como resultado un mejorador orgánico de suelos con un alto valor energético y nutritivo.

Los microorganismos necesarios para la descomposición de las sustancias putrescibles, existen en la propia basura desarrollándose vigorosamente en condiciones ambientales favorables.

El sistema de producción de composta en México consiste en recepción, dosificación, separación ("pepenado") manual de sub-productos de la basura con valor comercial, reducción de tamaño o trituración primaria, separación magnética de materiales ferrosos, digestión, maduración, pulverización y venta del producto terminado como acondicionador de suelos.

Cuando el proceso de transformación de los desechos sólidos en abonos orgánicos se lleva a efecto en condiciones apropiadas, no se desarrollan olores desagradables, ni proliferan las moscas, y los roedores prácticamente están ausentes.

5.1.4 Incineración

Esencialmente es un proceso de reducción de volumen, en el cual parte de la basura se convierte en gases (dióxido de carbono, óxido de nitrógeno y azufre), que se expulsan por chimeneas y el resto se convierte en un residuo sólido (escoria) que requiere disposición final. Frecuentemente, las escorias y cenizas del producto representan aproximadamente el 10% del volumen original de los desechos o desperdicios.

Durante el proceso, la basura se quema en hornos especiales a altas temperaturas del orden de 800 a 1,100°C, en presencia de exceso de aire. Una ventaja del proceso es que sólo se requiere combustible para iniciar las operaciones.

Para reducir la contaminación del aire, la práctica corriente es utilizar precipitadores electrostáticos para la depuración de los gases y cenizas resultantes de la combustión de las basuras.

5.2 Justificación del relleno sanitario en la serranía de Santa Catarina, D. F.

Como ya se mencionó en un capítulo anterior, dentro del Plan Maestro para la disposición de basuras en el Distrito Federal está contemplada la creación de un relleno sanitario en la serranía de Santa Catarina, esto es con el fin de solucionar, aunque sea en forma parcial, el problema actual que se tiene en la disposición de las basuras en la delegación Iztapalapa debido a la sobresaturación del tiradero de Santa Cruz Meyehualco. Se seleccionó el método de relleno sanitario con el fin de aprovechar las depresiones que se tienen de sitios que fueron zonas de explotación de materiales pétreos y que actualmente se encuentran abandonados y por lo tanto sin ningún uso.

5.3 Consideraciones para el diseño

5.3.1 Requerimientos de volumen

Para estimar la vida útil de un lugar donde habrá de situarse un relleno sanitario, es necesario conocer la tasa de recolección de la población a la que se va a servir y la capacidad del sitio donde se va a localizar el relleno.

En cuanto a la relación que hay entre el volumen de desechos sólidos entregados al relleno y el volumen requerido de material de cubierta, tenemos que normalmente es de 4:1 y de 3:1, es decir, que un metro cúbico de material de cubierta, podrá servir para cubrir de 3 a 4 metros cúbicos de desechos sólidos compactados.

En el caso que nos ocupa, tenemos que la población de la delegación Iztapalapa, que es a la que principalmente dará servicio el relleno proyectado, es de 1'083,000 (TABLA 1.5) para el año de 1981, y la basura generada para éste mismo año es de 466.8 ton/día

(TABLA 1.6), por lo que la tasa de generación per cápita es:

$$\frac{466,800 \text{ kg/día}}{1'083,000 \text{ hab.}} = 0.431 \text{ kg/hab/día}$$

es decir, que la tasa de generación para la delegación Iztapalapa es de 0.431 kg/hab/día lo cual concuerda con los índices de generación habituales; considerando que la eficiencia en la recolección sea de 75% aproximadamente, se tiene que el índice de recolección es $0.431 \times 0.75 = 0.323$ kg/hab/día, por lo que la producción anual de basura que llegará al relleno sanitario es de 118 kg por habitante.

Los desechos sólidos entregados al relleno se compactarán a 600 kg/m³, que es una compactación adecuada, por lo que el volumen requerido para cada habitante es:

$$\frac{118 \text{ kg/hab/año}}{600 \text{ kg/m}^3} = 0.20 \text{ m}^3/\text{hab en un año}$$

o sea que el volumen requerido para desechos sólidos es de 216,600 m³ anuales.

Para calcular la superficie anual requerida, se tiene que la profundidad de las celdas del relleno sanitario será de 6 m, por lo que la superficie que se necesita resulta ser de:

$$\frac{216,600 \text{ m}^3}{6 \text{ m}} = 36,100 \text{ m}^2 \quad (3.61 \text{ Ha})$$

Para calcular el volumen de material de cubierta que se necesita, usando la relación 4:1 (desechos sólidos/material de cubierta), el volumen requerido es:

$$\frac{216,600 \text{ m}^3}{4} = 54,150 \text{ m}^3$$

es decir, se requieren 54,150 m³ de material de cubierta anualmente, y el volumen diario requerido es de 173 m³.

5.3.2 Localización del sitio de disposición de desechos sólidos

El relleno sanitario se localizará en la serranía de Santa Catarina, en una depresión ubicada en la zona de Santa Cruz Meyehualco, perteneciente a la delegación Iztapalapa (FIGURA 8).

Las características del sitio son:

- Ubicación: Serranía de Santa Catarina
- Área: 102,007 m²
- Volumen: 688,611 m³
- Altura del relleno: 6.75 m

Actualmente existen próximos a la zona donde se ubicará el relleno, la mina El Poli de donde se extraen materiales pétreos y la planta de asfalto "Oaxaca" del Departamento del Distrito Federal.

5.3.3 Caminos de acceso

Para llegar al sitio propuesto para el relleno, se tienen dos vías principales de acceso que son el llamado Camino de las Minas, que va de la calzada Ermita-Iztapalapa a la mina El Poli y el camino que va de la calzada México-Tulyehualco a la planta de asfalto.

Este último camino está localizado en la parte correspondiente a la delegación Tláhuac y se considera que no debe ser utilizado, ya que para llegar al sitio de relleno, se tendría que rodear prácticamente a la serranía, lo cual elevaría los costos de transporte, es por ello que el Camino de las Minas es el que será recomendado para llegar al sitio de relleno.

El tráfico actual por el camino que se usará es de aproximadamente 340 vehículos diarios, que son los camiones que van a cargar los materiales extraídos de la mina El Polí y algunos que van a la planta de asfalto.

El volumen de tránsito que se adicionará una vez que el relleno esté operando, es de aproximadamente 80 vehículos diarios y que consisten en los camiones recolectores de basura.

Con base en los volúmenes de tránsito y sabiendo que el camino es de terracería, lo que se recomienda es revestirlo para evitar que el polvo se levante con la circulación de los vehículos y además el camino pueda ser usado durante todo el año.

5.3.4 Edificio

Se necesitará un edificio para espacio de oficinas e instalaciones para los empleados, el cual deberá contar con servicios eléctricos sanitarios y de agua.

En el sitio propuesto para el relleno, existe un edificio de 2 niveles, que servía de oficinas a las minas que en ese lugar se explotaban y que actualmente se encuentra abandonado. Este edificio puede ser usado como oficinas y casa de básculas, por lo que solo se requiere reacondicionarlo.

5.3.5 Cercado

En los rellenos sanitarios los cercados tienen el objeto de controlar el acceso al emplazamiento y evitar que se vuelen papeles y otras basuras que son arrastradas por el viento.

Para impedir el acceso no autorizado al lugar, es suficiente con una cerca de 2 m de altura rematada con alambre de púas.

Para el control de la basura y los papeles arrastrados por el viento se usan cercas para basura (de malla metálica). Como regla general, las operaciones de trinchera requieren menor cantidad de cercas para basura porque los desechos sólidos tienden a confinarse dentro de las paredes de la zanja. Este es un problema característico de una operación de área en la que se necesitan cercas de basura, que deberán ser móviles pues la localización del frente de trabajo cambia constantemente.

De acuerdo con las características topográficas del sitio propuesto para el relleno sanitario y a sus dimensiones, se requiere cercar 1300 m aproximadamente. Para tal efecto se recomienda usar un cercado estandar.

5.3.6 Descomposición de los desechos sólidos

Para la selección y el diseño adecuados de un relleno sanitario es esencial conocer los procesos de descomposición de los desechos sólidos y las diversas influencias que ellos ejercen.

Los desechos sólidos depositados en un relleno sanitario se degradan química y biológicamente para dar productos en estado sólido, líquido y gaseoso. Los metales ferrosos y no ferrosos son oxidados; los desechos orgánicos e inorgánicos son utilizados por los microorganismos a través de las síntesis aerobia y anaerobia. Los productos líquidos de la degradación microbiana de los desechos, tales como ácidos orgánicos, aumentan la actividad química dentro del relleno; algunos de los desechos tales como plásticos, hule, vidrio y desechos de demolición son altamente resistentes a la descomposición.

Algunos factores que afectan la degradación de los desechos son: su carácter heterogéneo, sus propiedades físicas, químicas y biológicas, la disponibilidad de oxígeno y humedad den-

tro del relleno, la temperatura, la población microbiana y el tipo de síntesis.

Las bacterias y los hongos metabolizan los componentes orgánicos de los desechos sólidos. La materia orgánica fácilmente putrescible se descompone rápidamente, reduciendo el oxígeno presente en los espacios vacíos. El metabolismo aeróbico inicial provoca la proliferación de microorganismos que son forzados a cambiar a metabolismo anaerobio por falta de oxígeno. El metabolismo anaerobio es más lento en comparación con el aerobio, inicialmente, la materia orgánica se metaboliza en ácidos orgánicos con la formación de algunos aldehidos, cetonas y alcoholes, los ácidos orgánicos ayudan a disolver algo de materia orgánica y suministran todos los demás elementos necesarios para el crecimiento microbiano.

Las reacciones metabólicas son exotérmicas, la cubierta de suelo y la densa compactación hacen que la pérdida de calor al ambiente sea mínima, este incremento en la temperatura estimula la actividad microbiana; una vez que toda la materia orgánica ha sido metabolizada a una forma estable, la temperatura se iguala a la del ambiente circundante.

La humedad juega un papel muy importante en la descomposición biológica, ya que las bacterias toman la materia orgánica que requieren para su metabolismo disuelta en agua. Cuando la humedad está entre 40 y 60%, la descomposición es rápida; pero el metabolismo bacteriano cesa cuando los desechos se secan por completo y esta situación prevalece con la falta de lluvias por lo que los desechos son preservados hasta que la siguiente lluvia produce humedad suficiente para que se reinicie el metabolismo. El efecto neto es que los desechos se estabilizan en un largo tiempo.

Ya que la descomposición de la basura se acelera cuando tiene de un 40 a un 60% de humedad y la basura contiene cerca de un 25%, se sugiere que se humedezca a medida que se va haciendo el relleno; para el humedecimiento se necesitan aproximadamente 285 litros de agua por tonelada de material depositado. Con el humedecimiento se evitan a su vez los incendios.

Las bacterias metabolizan los ácidos orgánicos, aldehidos, cetonas y alcoholes y los transforman en metano y bióxido de carbono. El metano no es soluble en agua, levanta una ligera presión en el relleno sanitario y empieza a circular a través de los espacios vacíos del relleno y del suelo, si la cubierta del relleno contiene demasiada arcilla y forma un suelo compacto, el gas metano no puede escapar a la atmósfera y viaja a través del suelo a lo largo del camino que oponga menos resistencia.

La producción de metano no es tan rápida como para crear problemas en la mayor parte de los rellenos sanitarios si el material de la cubierta es razonablemente poroso; únicamente en suelos arcillosos el metano puede representar un problema y tan pronto como se completa el metabolismo, cesa la producción de metano.

La descomposición de la materia orgánica con la producción de metano y bióxido de carbono provoca la conversión de material sólido en gases y aumenta el espacio vacío, por lo que la aplicación de presión sobre la superficie del área de relleno sanitario dará por resultado la compresión del material, que cesará cuando la descomposición haya terminado y todos los espacios vacíos hayan sido minimizados.

El metano es explosivo en presencia de aire a concentraciones entre el 5 y el 15%; pero debido a que no hay oxígeno en el relleno cuando éste alcanza su nivel crítico, no hay peligro

de que explote en el campo del relleno; pero si el metano escapa puede acumularse en edificios u otros espacios cerrados cercanos al relleno sanitario.

En el caso que nos ocupa esto no representa un problema, ya que el área de localización propuesta es un sitio prácticamente abierto y por ende ventilado y las zonas habitadas están alejadas del sitio de relleno y adicionalmente, ya que el material que se usará como cubierta es arena, se impide la acumulación del gas, evitándose con esto que llegue a concentraciones que puedan ser peligrosas.

Por otro lado, el agua superficial que se infiltra a través de los desechos puede producir lixiviado, que es la formación de una solución que contiene sólidos en suspensión, materia disuelta y productos de la descomposición microbiana. El lixiviado puede emerger del relleno como corriente superficial o percolarse a través del suelo y subsuelo que rodean los desechos.

La composición de los líquidos del lixiviado es importante para determinar sus efectos potenciales en la calidad del agua subterránea y superficial cercanas. Los contaminantes arrastrados dependen de la composición de los desechos y de la actividad física, química y biológica que ocurre dentro del relleno.

Cuando el lixiviado se percola a través de los suelos que rodean los desperdicios está sujeto a purificación (atenuación) de los contaminantes por intercambio iónico y filtración principalmente. La atenuación de contaminantes es por lo general mayor en la zona no saturada que en la zona de saturación, puesto que hay mayor potencial para la degradación aeróbica de la materia orgánica.

5.3.7 Control del movimiento del gas

Los gases de descomposición de los desechos sólidos en general no causan problemas cuando se dispersan en la atmósfera, sin embargo se pueden registrar problemas como explosiones por metano y exterminio de vegetación cercana al relleno, presumiblemente por la extracción de oxígeno de la zona a raíz del incremento de contenido mineral de suelo.

Los métodos usados para el control de gases son de dos tipos:

1. - Métodos permeables

El movimiento lateral del gas puede ser prevenido mediante el uso de un material que sea más permeable que el suelo circundante; se han empleado zanjas rellenas de grava (FIGURA 9).

Preferentemente las zanjas deberán ser un poco más profundas que el relleno para asegurar la intercepción de todo el flujo lateral.

En otro método se insertan tubos de ventilación a lo largo de una cubierta superior relativamente impermeable (FIGURA 10).

Se conectan unos tubos laterales situados sobre zanjas de grava situados encima de los desechos, a un tubo vertical que en ocasiones es usado como quemador; este tubo no deberá estar colocado cerca de edificios, pero si esto es inevitable, deberá descargar por encima de la línea del techo.

2.- Métodos impermeables

El movimiento del gas a través del suelo puede ser controlado usando materiales impermeables al gas, en mayor grado que el suelo circundante; puede usarse una barrera que contenga el

gas y lo deje escapar a través de la cubierta superior o simplemente impida el flujo de gas.

El método más común y posiblemente el más práctico es el uso de arcilla compactada húmeda, para evitar que se contraiga y se quiebre. La arcilla puede usarse como recubrimiento en una excavación, o emplearse para construir una pared que bloquee el flujo del gas. Una capa continua de 0.45 m o más de espesor puede ser adecuada.

En el caso que nos ocupa el control del gas producido por la descomposición de los desechos, se hará mediante un método impermeable, pero sin la necesidad de construir las zanjas rellenas de grava, ya que el suelo es completamente permeable y permite tanto la dispersión del gas en forma lateral como hacia la atmósfera por lo que no se preven problemas por la acumulación del gas.

5.3.8 Protección del agua subterránea

El agua subterránea y los desechos sólidos depositados de berán estar a una distancia de cuando menos 0.60 m. Por lo general una distancia de 1.5 m será suficiente para asegurar la calidad del acuífero.

Para el control del movimiento de los fluidos se puede emplear un recubrimiento impermeable, uno de los más comunmente utilizados es una capa de 0.30 m o más de espesor de suelo arcilloso húmedo.

Dadas las características del terreno y la profundidad del nivel de aguas freáticas en la zona propuesta, no se requiere la capa de arcilla ya que el suelo funciona como filtro y la profundidad del nivel de aguas freáticas es suficiente; sin embargo para determinar si el relleno sanitario está creando problemas de

contaminación de agua superficial y subterránea, una vez que esté operando, deberán usarse pozos de observación y estaciones de muestreo para monitorear la calidad del agua.

5.4 Construcción y Operación del Relleno

Un relleno sanitario no debe ser necesariamente operado usando tan solo un método, es posible hacer combinaciones y precisamente esta flexibilidad es una ventaja del relleno sanitario.

Una variación común es el método de pendiente progresiva o rampa en el que el material de recubrimiento se obtiene directamente en el frente de la cara de trabajo. (FIGURA 11). Este método es el que mejor se ajusta a las características del terreno disponible para construir el relleno sanitario en la serranía de Santa Catarina.

5.4.1 Construcción de las celdas

Una celda es una unidad de construcción en un relleno sanitario de cualquier tipo. Todos los desechos sólidos recibidos son esparcidos y compactados en capas dentro de un área confinada; al final de la jornada de trabajo, se cubren con una capa continua de tierra, que entonces se compacta también. Los desechos compactados y la cubierta de tierra constituyen una celda, una serie de celdas adyacentes de la misma altura, constituyen una elevación (FIGURA 12). El relleno completo consiste de una o más elevaciones.

Las dimensiones de la celda están determinadas por el volumen de los desechos compactados y éste, a su vez, depende de la densidad de los desechos sólidos. La densidad de la mayor parte de los desechos sólidos en el interior de la celda debe ser cuando menos de 500 k/m³. Pero ésta es difícil de alcanzar

si predominan las ramas de arbustos y árboles, las fibras sintéticas o desperdicios de hule y plásticos, puesto que éstos materiales tienden a rebotar cuando se sustrae la carga de compactación; entonces, deberán ser esparcidos en capas de aproximadamente 60 cm de espesor y después ser cubiertos con una capa de tierra y sobre ellos deberá de esparcirse y compactarse otra capa de desechos. El peso de la capa superior mantendrá los materiales elásticos razonablemente comprimidos.

En general, una celda debe ser aproximadamente cuadrada y sus lados deben tener una pendiente tan pronunciada como lo permita la operación. Pendientes laterales de 20° a 30° no solamente mantendrán el área superficial y por lo tanto el volumen de material de cubierta a un mínimo, sino que también ayudarán a obtener una buena compactación de los desechos sólidos, particularmente si son esparcidos en capas no mayores de 60 cm de espesor y trabajados desde la parte más baja de la pendiente hacia arriba.

Las dimensiones de las secciones de las trincheras en valor medio son de: 2.5 a 7.5 m de ancho y 2.4 m de altura, de la cual 0.60 m, por lo menos, se dejan para recubrimiento y los restantes 1.80 m para basura, la cual deberá ser bien compactada. Entre trinchera y trinchera, o entre secciones existe una pared de recubrimiento de por lo menos 0.60 m para la cual se aconseja un talud 2 horizontal por 1 vertical (FIGURA 13).

5.4.2 Cubierta del relleno sanitario

El material empleado para cubrir los desechos en un relleno sanitario tiene diversos propósitos; idealmente, el suelo disponible deberá ser capaz de:

- controlar la entrada y salida de moscas.
- tratar de prevenir la entrada de roedores en busca de comida.

- minimizar la entrada de humedad al relleno.
- controlar el movimiento de gas, ya sea bloqueando su paso o bien dejándolo escapar.
- ofrecer protección contra el esparcimiento del fuego en caso de incendio.
- suministrar una apariencia agradable y control sobre la basura que arrastra el viento.
- ser capaz de sustentar vegetación.

En la TABLA 1.11 se muestran los grados de conveniencia para el uso de los tipos generales de suelo para cubierta del relleno.¹⁴

El material de cubierta a menudo sirve como base del camino para los vehículos colectores que se mueven de y hacia el área de operación del relleno.

Cuando se comparan las características que requieren los suelos para llevar a cabo todas las funciones citadas, se encuentran algunas anomalías, por ejemplo, para que un suelo sirva de base de un camino debe de estar bien drenado, de manera que los vehículos no se atasquen; por otra parte, debe tener muy baja permeabilidad para impedir la infiltración del agua al relleno, la salida del gas y la expansión del fuego. Lo que se hace en estos casos es colocar una base adecuada sobre la cubierta de material de baja permeabilidad.

En el sitio propuesto para el relleno, se dispone de arena limpia y de arena arcillo-limosa, los cuales se utilizarán como material de cubierta.

5.5 Operación del Relleno

Un plan de operación es esencialmente la especificación para la construcción y deberá contener todos los detalles requere

ridos para la construcción del relleno sanitario.

Se describirán:

1. Horas de operación
2. Procedimiento de medida
3. Tráfico vehicular
4. Métodos de entrega y compactación de desechos sólidos diversos.
5. Colocación del material de cubierta
6. Procedimiento de mantenimiento
7. Operaciones en tiempo adverso
8. Control de fuego
9. Control de animales
10. Pepena, si se permite

1. Horas de operación

Las horas que un relleno sanitario opera, dependen principalmente de cuando los desechos son entregados y generalmente es to se hace durante las horas normales de trabajo, usualmente el relleno, es abierto 5 ó 6 días a la semana y durante 8 a 10 horas al día.

Las horas de operación deberán fijarse en una señal en la entrada del relleno. También indicará qué desechos no son acceptados.

El relleno sanitario deberá abrirse solo cuando los operadores estén en servicio, en el caso de abrirse antes, los desechos se deberán llevar a un contenedor que estará localizado afuera del sitio de entrada.

En nuestro caso, el relleno operará 6 días a la semana durante 8 horas diarias.

2. Procedimientos de medida

La eficiencia de las operaciones del relleno y compactación pueden ser adecuadamente juzgados si la cantidad de desechos sólidos entregados, la cantidad de material de cubierta usada y el volumen ocupado por el relleno de desechos sólidos y cubierta son conocidos. (El peso es el medio más seguro de medida). Estos valores también son usados para determinar la densidad del relleno y la cantidad de ajuste que probablemente ocurrirá. Los datos de peso y volumen también pueden ser usados en el diseño de nuevos rellenos sanitarios y predecir la capacidad restante de rellenos sanitarios actuales.

Aunque el pesaje es una operación aparentemente sencilla, presenta algunos problemas. Para asegurar que todos los vehículos son pesados es conveniente desarrollar técnicas de enumeración, por lo que se recomienda llevar un registro para el control de las toneladas que recolecta cada camión como el que se muestra a continuación:

AÑO _____	MES _____	SEMANA _____	DIA _____	HCRA _____	
No.del camión	Clase y Capacidad (m3)	Ruta o zona de recolección	Peso del camión sin cargar (Ton)	Peso del camión con carga (Ton)	Peso total de la basura re- cogida (Ton)
22	Tubular (6)	Ruta 4. Col. El Sol	5	9	4

3. Tráfico vehicular

El tráfico vehicular en el sitio puede afectar las operaciones diarias. Se debe permitir que el tráfico se desvie de la báscula solo si ésta no está operando.

Para dirigir el tránsito pueden usarse señales o algún tipo de protección; los sitios grandes pueden requerir mapas para

dirigir a los choferes y si las áreas de trabajo están separadas y establecidas para diferentes tipos de desechos sólidos, las señales se deben usar para dirigir a los choferes a las áreas de depósitos apropiadas.

Como en nuestro caso no existirá separación de áreas específicas, es suficiente una señalización a base de flechas para dirigir el tráfico vehicular.

4. Métodos de entrega y compactación de desechos sólidos diversos.

Los desechos provienen de residencias, establecimientos comerciales, instituciones, operaciones industriales y municipales.

- Desechos residenciales y comerciales. Estos desechos son usualmente altamente compactables. Contienen una mezcla heterogénea de materiales tales como papel, latas, botellas, cajas de cartón y madera, plásticos, desechos de comida, piedras y tierra. Las cajas, los envases de plástico y vidrio, las latas y la maleza pueden ser comprimidos bajo una presión relativamente baja. En un relleno, sin embargo, estos artículos están incorporados dentro de la masa de desechos sólidos, la cual actúa como una almohada (amortiguador), protegiéndolos de esta manera de empezar a ser aplastados bajo la carga de compactación. Este efecto puede ser reducido y conseguir una reducción mayor de volumen si los desechos son extendidos y compactados en capas menores de 60 cm de profundidad. La compactación se logra haciendo pasar el tractor, compactador de relleno sanitario o el equipo que se use, sobre los desechos de 4 a 5 veces.

El operador del equipo deberá tratar de desarrollar el frente de trabajo a una pendiente entre 20° y 30° (FIGURA 14). Los desechos son extendidos contra la pendiente y la maquinaria se mueve hacia arriba y hacia abajo rompiendo y compactando, de esta manera, los desechos y reduciendo los vacíos o huecos.

- Desechos institucionales, Los desechos sólidos de escuelas y hospitales son usualmente altamente compactables y pueden ser manejados en la misma manera que los desechos residenciales y comerciales y son frecuentemente entregados junto con ellos. Si los desechos de hospitales son entregados separadamente, deberán ser inmediatamente compactados y cubiertos con otra capa de desechos o material de cubierta porque podrían contener organismos patógenos; los desechos patológicos son usualmente quemados en un incinerador especial, pero si se aceptan en el relleno, deberán ser inmediatamente enterrados bajo una capa de material de cubierta.

- Animales muertos. Ocasionalmente son entregados a un relleno sanitario aves, gatos, perros y otros animales muertos; algunos métodos de enterramiento requieren que los animales sean incorporados inmediatamente dentro del relleno y cubiertos; otros demandan que sean colocados en un hoyo y cubiertos con cal. En general los cadáveres de animales pequeños pueden ser dispuestos en forma segura si se colocan en un relleno junto con otros desechos e inmediatamente cubiertos.

- Desechos de procesos industriales. Debido a la extensa variedad de desechos de procesos industriales y sus diferentes características químicas, físicas y biológicas, es difícil generalizar acerca de su manejo.

5. Colocación del material de cubierta

Los materiales de cubierta usados en un relleno sanitario están en las categorías de diario, intermedio y final; la clasificación depende del espesor de material usado. Este es determinado por su susceptibilidad a la erosión del agua y del viento y su capacidad para cumplir ciertos requisitos funcionales. Las guías para usar diferentes clases son determinadas por el tiempo que la cubierta va a estar expuesta a los elementos viento y agua. (TABLA 1.12).

En general, si la cubierta va a estar expuesta por más de una semana pero menos de un año, deberá usarse cubierta intermedia; si la cubierta va a estar expuesta menos de una semana, la cubierta diaria es suficiente y si la cubierta va a estar expuesta más de un año deberá usarse cubierta final. Todo el material de cubierta deberá ser compactado. Los materiales gruesos pueden ser compactados de 1,600 a 2,100 kg/m³ y los materiales granulares finos de 1,100 a 1,900 kg/m³.

- Cubierta diaria

Las funciones de control importante de la cubierta diaria son: vectores, basura, fuego y humedad. Generalmente con un espesor mínimo compactado de 15 cm servirá para estas funciones. La cubierta es aplicada a los desechos compactados por lo menos al final de cada día de operación, deberá extenderse y compactarse desde lo alto de la celda hacia abajo según la construcción de ésta avance, dejando solo el lado de trabajo descubierta y al finalizar el día se deberá cubrir también dicho lado. La cubierta deberá estar nivelada (2 a 4% de pendiente máxima) para prevenir la erosión y el encharcamiento del agua.

- Cubierta intermedia

Las funciones de la cubierta intermedia son las mismas que las de la cubierta diaria, pero además incluye control de gas y posible uso como base de camino. Es aplicada de la misma manera que la cubierta diaria, pero la profundidad mínima recomendada es de 30 cm. Periódicamente puede ser necesaria una nivelación y compactación adicional para arreglar los taños por la erosión (si es que los hay) y prevenir el encharcamiento del agua.

- Cubierta final

La cubierta final sirve básicamente para las mismas funciones que la cubierta intermedia, pero debe soportar el crecimiento de la vegetación. Como mínimo deberá usarse un espesor de 60 cm. Algunos factores como tipo de suelo y uso del relleno ter

minado, pueden hacer que se requiera un espesor mayor.

6. Mantenimiento

Un relleno sanitario propiamente operado es distinto de un tiradero a cielo abierto por su apariencia. La efectividad de las medidas de control de la contaminación también dependen de qué tan bien el relleno es mantenido durante su construcción y después de su terminación.

El polvo es a veces un problema, especialmente en climas secos y si el suelo es de granos finos. El polvo puede causar excesivo desgaste del equipo y puede ser peligroso para la salud del personal del sitio.

El polvo levantado por el tráfico vehicular puede ser controlado temporalmente humedeciendo los caminos con agua.

7. Operaciones en tiempo adverso

Las condiciones del tiempo pueden retrasar la construcción de un relleno sanitario.

La lluvia es el principal problema que se puede presentar. Los caminos que llegan hasta el área de trabajo deberán ser transitables en cualquier condición de tiempo, por lo que se recomienda aplicar a su superficie grava o materiales de desecho de construcción y/o demolición.

8. Control de fuego

No se debe permitir la quema de los desechos sólidos en el relleno sanitario pero un incendio puede ocurrir ocasionalmente por un descuido, por lo que se recomienda tener un carro pipa para usarse en estos casos.

9. Control de animales

La aplicación diaria de material de cubierta previene problemas asociados con ratas y moscas y raramente causan molestias en un relleno sanitario operado adecuadamente.

Las ratas son ocasionalmente traídas junto con los desechos entregados, cuando los desechos son descargados las ratas buscan la superficie, rara vez escapan y buscan protección en otra parte, por lo que si comienzan a ser una molestia deberán ser eliminadas por medio de un programa de control. Si se usan venenos deberán guardarse lejos de las personas ajenas al programa.

Si el problema de las moscas empieza a ser severo (principalmente en época de calor) se deberán usar insecticidas, aunque también la aplicación del material de cubierta según la construcción de la celda avance puede controlar las moscas sin necesidad de usar insecticidas.

10. Pepena, si se permite

Salvar o recuperar los materiales usables de los desechos sólidos es una actividad meritoria, pero no deberá permitirse en el relleno sanitario, ya que esta actividad es usualmente más efectivamente realizada en el punto donde los desechos son generados o en plantas especialmente construídas para tal efecto.

5.6 Equipo y Personal

5.6.1 Equipo

Hay una extensa variedad de equipo disponible para las operaciones del relleno sanitario. Los tipos de equipo seleccionado, dependerán de la cantidad y tipos de desechos sólidos a ser rellenos y de el método empleado en un sitio en particular.

Funciones del equipo

La maquinaria empleada en un relleno sanitario se clasifican en dos grupos generales según su funcionamiento:

1. Aquella empleada directamente implicada en manejar los desechos.
2. Aquella usada para manejar el material de cubierta.

1. Manejo de desechos sólidos.- La disposición práctica y segura de los desechos sólidos es el primer objetivo de un relleno sanitario. Aunque el manejo de desechos sólidos en un sitio de relleno se asemeja a una operación de movimiento de tierras, existen diferencias que requieren especial consideración. Los desechos sólidos son menos densos, más compactables y más heterogéneos que la tierra, por lo que para extender un volumen dado de desechos sólidos se requiere menor energía que para una cantidad igual de suelo.

Debido a su tamaño y forma, los desechos sólidos no son tan apropiados como los suelos para compactarse por vibración; es por ello, que los desechos sólidos son compactados por las fuerzas de compresión desarrolladas por el peso total de una máquina usada en el relleno.

Si se desea máxima compactación una máquina grande y pesada dará mejores resultados que una máquina ligera. Puesto que la repetición de cargas sobre los desechos sólidos mejoran su compactación, deberán hacerse de dos o cinco pasadas durante la operación diaria. Si no es posible comprar una máquina grande, es suficiente con extender los desechos en capas delgadas y hacer más pasadas con una máquina ligera. El número óptimo de pasadas depende del contenido de humedad y composición de los desechos; sin embargo su exacta relación y como afectan la densidad no ha sido determinada.

2. Manejo del material de cubierta

La excavación, transporte, tendido y compactación del material de cubierta son similares a otras operaciones de movimiento de tierras, tales como la construcción de un camino. Sin embargo, en las operaciones de relleno, el riguroso control de contenido de humedad para conseguir la máxima densidad del suelo no es practicado usualmente, por lo que es deseable humedecer un poco un suelo muy seco para contener el polvo y mejorar su compactación.

El operador del equipo que extienda y compacte el material de cubierta deberá ser capaz de nivelarlo, como se especifica, para drenar el sitio.

Los requerimientos específicos del movimiento de tierras varían de acuerdo a las condiciones topográficas y del suelo presentes.

La arena, grava y ciertos materiales margosos pueden ser excavados con equipo rodante; pero los suelos naturales duros requieren equipo de orugas. Las características de funcionamiento del equipo de relleno se pueden ver en la TABLA 1.13.

Para el caso que nos ocupa, el equipo necesario consiste en 2 compactadores para relleno sanitario, un cargador sobre orugas y un carropipa, que se utilizará, este último, para el humedecimiento de los desechos sólidos.

5.6.2 Personal

El personal requerido para la operación del relleno sanitario es el siguiente: 2 personas para administración, 1 chofer,

1 operador de báscula, 1 persona para dirigir el tráfico,
2 operadores para compactadores de relleno sanitario,
1 operador para cargador sobre orugas y un supervisor.

5.7 Relleño Sanitario Terminado

El aprovechamiento de tierras por relleno y elevación de la superficie terrestre es uno de los más grandes beneficios del relleno sanitario. El relleno sanitario terminado puede ser usado para muchos propósitos, pero todos ellos deben ser planeados antes de iniciar las operaciones.

A diferencia de un relleno de tierra, un relleno sanitario consiste o está formado por celdas conteniendo una gran variedad de materiales que tienen diferentes propiedades físicas, químicas y biológicas. La descomposición de los desechos sólidos imparte características al relleno que son peculiares de éstos. Estas características exigen que se diseñen esquemas para control de gas y agua, configuración de las celdas, especificaciones del material de cubierta y el mantenimiento periódico necesario en un relleno sanitario terminado.

- Descomposición

La mayoría de los materiales en un relleno se descompondrán pero en diferentes proporciones. Los desechos de comida se descomponen rápidamente, son compactables y forman ácidos orgánicos que ayudan a la descomposición. Los productos de papel y madera se descomponen en forma más lenta que los desechos de comida. El papel es fácilmente compactado y puede empujarse dentro de los huecos mientras que la madera es difícil de compactar y obstruye la compactación de desechos adyacentes. El vidrio y los cerámicos son usualmente fáciles de compactar pero no se degradan en un relleno. Los plásticos y hules son elásticos y difíciles de compactar; el hule se descompone muy despacio, la mayoría de los plásticos no lo hacen. El cuero y los textiles son ligeramente elásticos pero pueden compactarse; ellos se descomponen pero a una velocidad mucho más lenta que los desechos de comida. Las piedras barro, cañizas y desechos de la construcción no se descomponen y pueden ser fácilmente trabajados y compactados.

- Densidad

La densidad de los desechos sólidos en un relleno sanitario es bastante variable. Uno que esté bien construido puede tener una densidad en sitio tan grande como 900 kg/m³, mientras que uno de desechos pobremente compactados puede ser solo de 300 kg/m³. Generalmente, 500 a 600 kg/m³ puede ser alcanzada con una fuerza de compactación moderada. La densidad influye en otras características tales como asentamientos y la capacidad de soporte.

- Asentamientos

Un relleno sanitario se asentará como un resultado de la descomposición de los desechos, cargas superpuestas y su peso propio.

5.8 Usos futuros del suelo

Hay muchas formas en las que un relleno sanitario terminado puede ser usado; puede por ejemplo, ser convertido en una área verde o puede ser designado para un propósito recreativo, agropecuario o construcción ligera.

- Area verde

El uso de un relleno sanitario terminado como área verde es muy común, se construyen estructuras ligeras y se establece una área de pasto para el placer de la comunidad, sin embargo se requiere trabajo de mantenimiento para conservar la superficie del relleno contra la erosión del viento y del agua. El material de cubierta deberá estar inclinado o nivelado para prevenir el encharcamiento del agua.

Las estaciones de monitoreo para el gas y el agua, instaladas durante la construcción, deberán ser periódicamente muestreadas hasta que se estabilice el relleno.

La vegetación más comunmente utilizada es el pasto. La mayoría del pasto es de raíces profundas y pueden ser usados en un relleno que tenga 60 cm de cubierta final, excepto alfalfa y trebol necesitan más de esto. La tierra utilizada para la cubierta final influye en la elección de la vegetación. Algunos pastos tales como pastizales y la avena se desarrollan bien sobre arena o suelos gruesos.

- Agricultura

Un relleno sanitario terminado puede ser productivo convirtiéndolo en tierra de pastura o siembra.

Si el relleno sanitario se usa para cultivo, una capa de unos 30 a 60 cm de arcilla puede ser colocada sobre la superficie de los desperdicios sólidos y una capa adicional de suelo agrícola debe ser colocada sobre ésta para proteger la arcilla y mantener su humedad.

- Construcción

Los desechos sólidos descompuestos del relleno pueden ser excavados y reemplazados con roca compacta o relleno de tierra, pero este método es muy costoso y podría resultar peligroso para los trabajadores. La descomposición de los desechos produce un olor putrefacto, y puede haber presente sulfuro de hidrógeno, que es un gas tóxico y también metano que es un gas explosivo. Estos dos gases deberán ser controlados durante la operación de excavación, si es que ésta se lleva a cabo, se deben proveer mascarillas para el gas a los trabajadores y no debe permitirse encender fuego en la zona.

Las pilas también pueden ser usadas para soporte de edificios cuando aquellas son guiadas a través de la basura hasta suelo firme o roca.

La descomposición de los desechos es muy corrosiva, por lo tanto las pilas deberán protegerse con una capa de anticorrosivo.

- Recreación

Los rellenos terminados pueden ser usados como campos para futbol, terrenos de golf, patios de recreo y parques. Usualmente son requeridas pequeñas construcciones ligeras, tales como puestos para comida e instalaciones sanitarias. Unos de los problemas encontrados son los charcos, roturas y erosión del material de cubierta. El mantenimiento periódico incluye renivelación y resembramiento de vegetación.

Para nuestro caso, el 18 de marzo de 1980, el Departamento del Distrito Federal publicó en el Diario Oficial de la Federación el Plan Director del Distrito Federal; dentro de sus programas del ambiente este Plan contempla:

"Consolidar como parques metropolitanos la sierra de Santa Catarina, los cerros Guerrero y Santa Isabel.

Estos últimos servirán para satisfacer las demandas de espacio abierto de la población oriente y norte de la ciudad".

Con base en lo anterior es posible recomendar que el uso futuro del suelo, una vez terminado el relleno sanitario sea el de parques de recreo y áreas verdes.

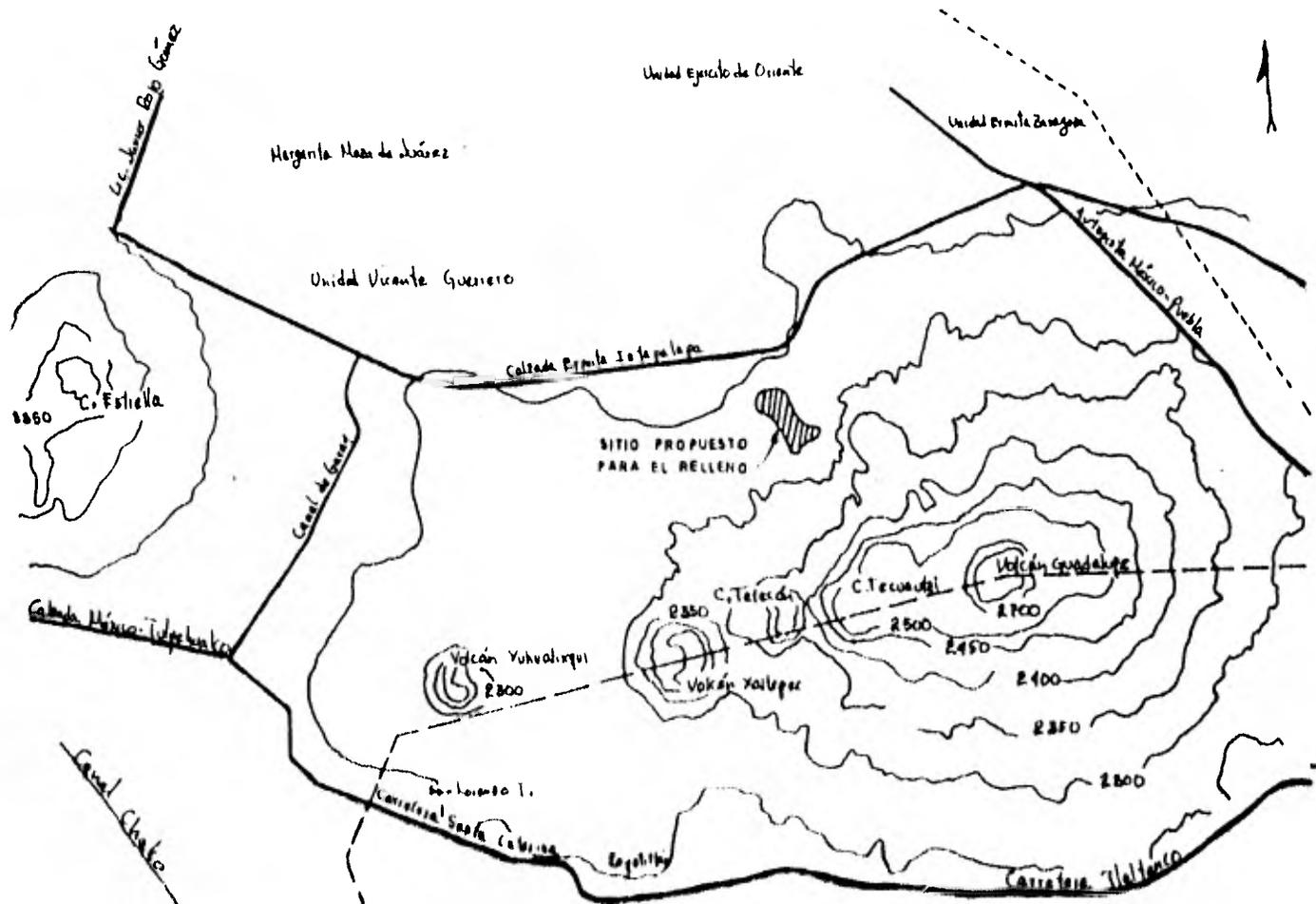


Fig 8 Localización del sitio propuesto para el relleno sanitario

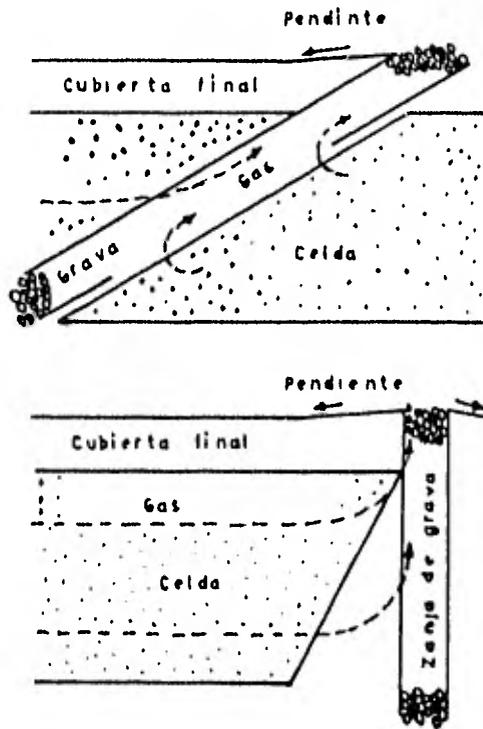


Fig 9 Método permeable para control de gases

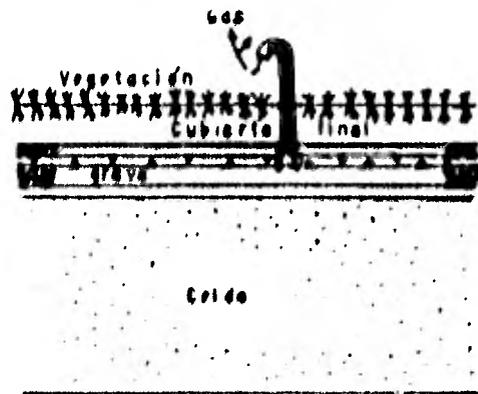


Fig 10 Método permeable para control de gases

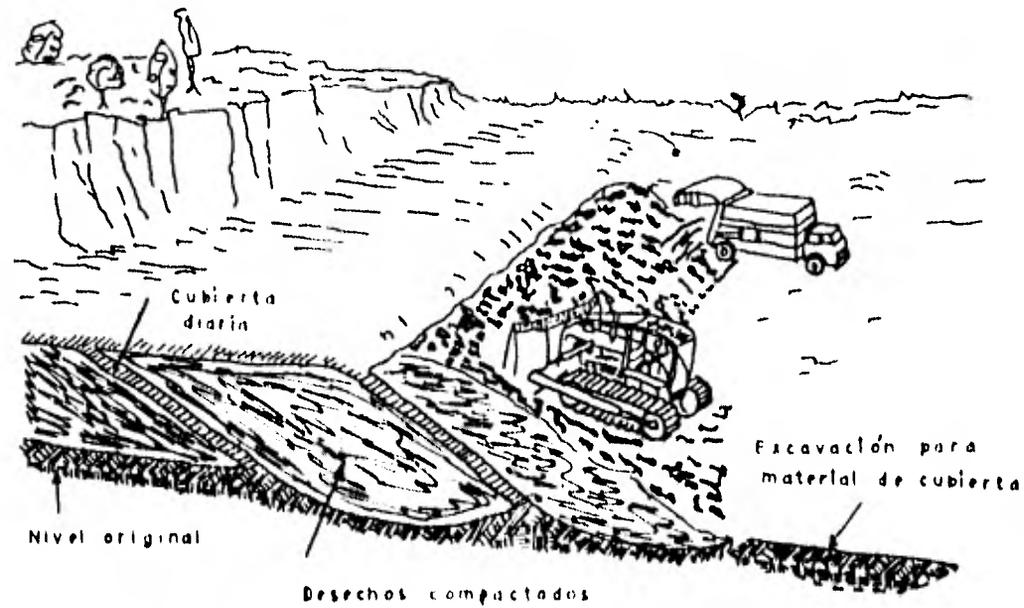


Fig II Método de pendiente progresiva para un relleno sanitario

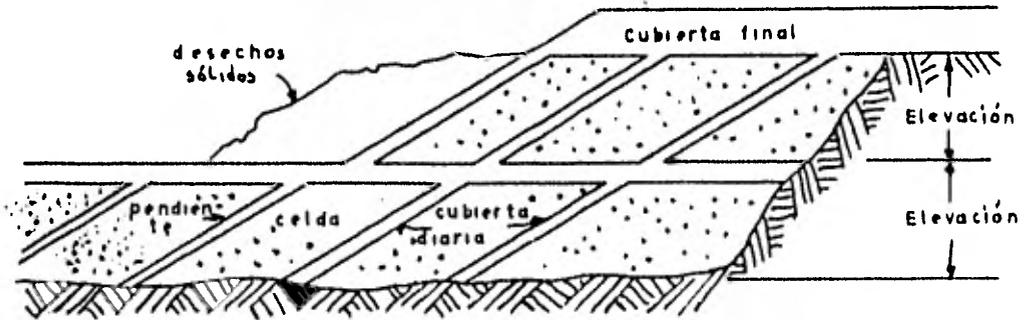


Fig 12 Relleno sanitario completo

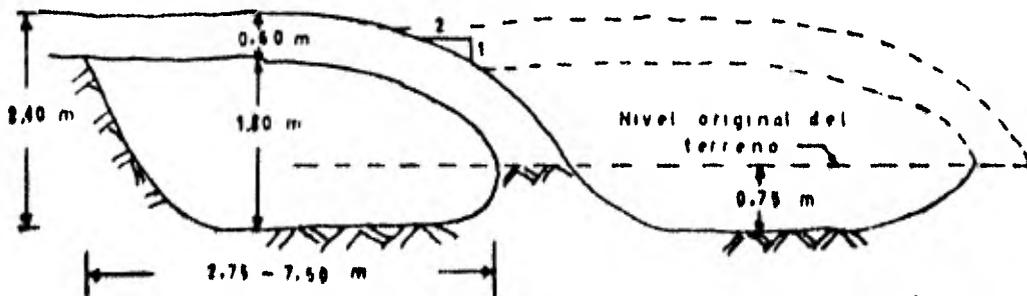


Fig 13 Sección transversal de una trinchera

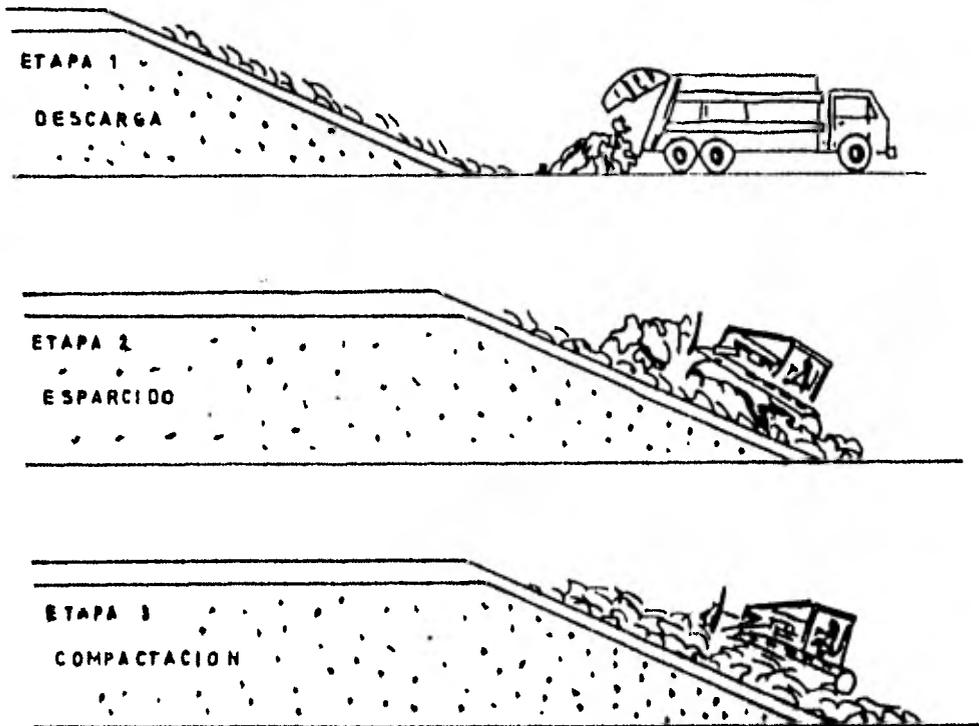


Fig 14 Esparcido y compactación de los desechos

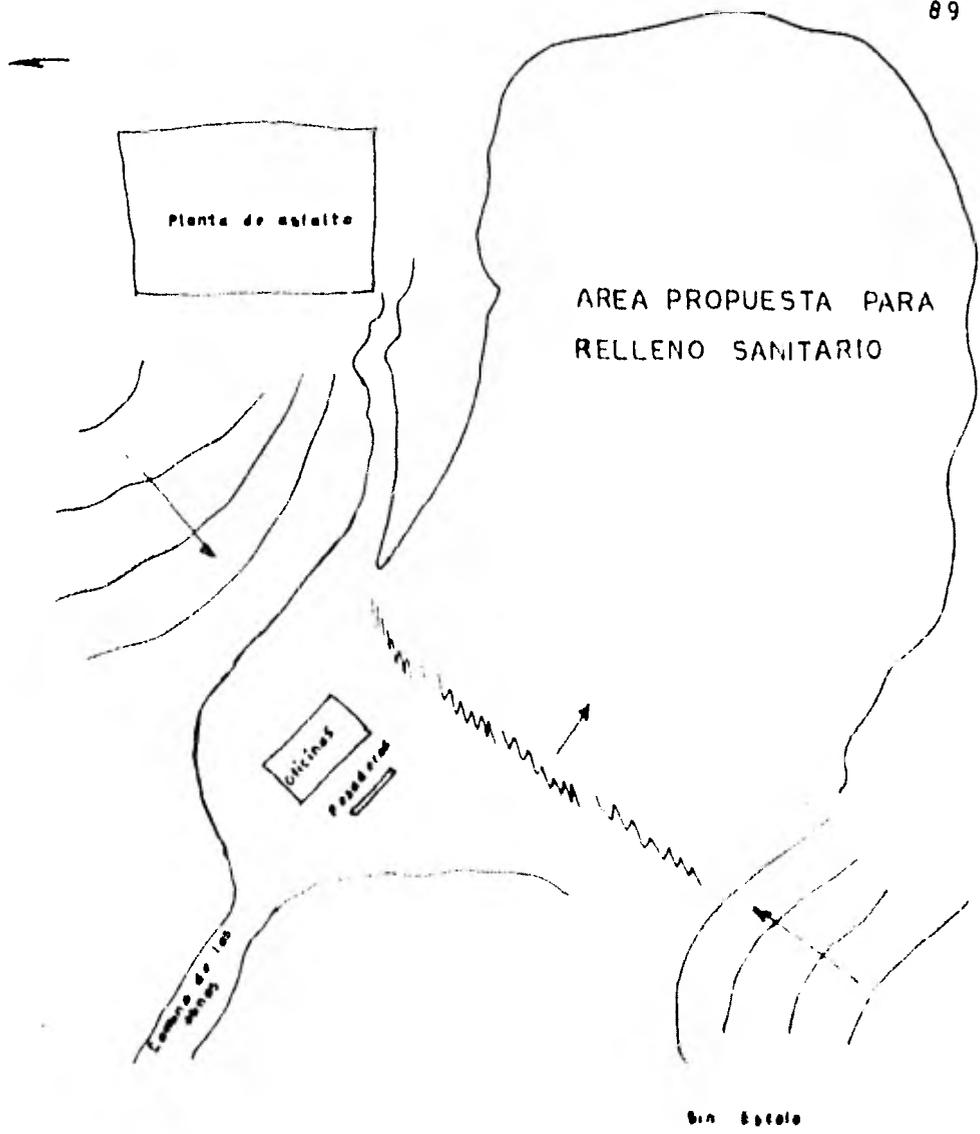


Fig 15 Esquema general del relleno sanitario

TABLA 1.11
CONVENIENCIA DE LOS TIPOS GENERALES DE SUELO COMO MATERIAL DE CUBIERTA

	Grava límpia	Grava arcillo límpia	Arena límpia	Arena arcillo límpia	Aluvi6n	Arcilla
- Prevenir la entrada de roedores	B	R	B	M	M	M
- Controlar la entrada y salida de moscas.	M	R	M	B	B	E
- Minimizar la entrada de humedad	M	RB	M	BE	BE	E
- Minimizar el escape de gas a trav9s de la cubierta.	M	RB	M	BE	BE	E
- Suministrar una apariencia agradable y control de basura arrastrada.	E	E	E	E	E	E
- Sustentar vegetaci6n	M	B	MR	E	BE	RB
- Permeable para dejar escapar el gas.	E	M	B	M	M	M

E = Excelente, B = Bueno, R = Regular, M = Mala

FUENTE: Referencia 14

TABLA 1.12
APLICACION DEL MATERIAL DE CUBIERTA

Material de cubierta	Espe ^{or} m ⁱⁿ imo	Tiempo de exposici6n*
Diario	15 cm	0 a 7 d ^{ias}
Intermedio	30 cm	7 a 365 d ^{ias}
Final	60 cm	M ^{as} de 365 d ^{ias}

* Tiempo que el material de cubierta ser^a expuesto a la erosi6n de la lluvia y del viento.

FUENTE: Referencia 14

TABLA 1.13
CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE RELLENO

EQUIPO	DESECHOS SOLIDOS		MATERIAL DE CUBIERTA			
	Tendido	Compactado	Excavación	Tendido	Compactado	Transporte
Tractor sobre orugas	E	B	E	E	B	NA
Cargador sobre orugas	B	B	E	B	B	NA
Tractor sobre neumáticos	E	B	R	B	B	NA
Cargador sobre neumáticos	B	B	R	B	B	NA
Compactador para relleno sanitario.	E	E	M	B	E	NA
Escrepa	NA	NA	E	E	NA	E
Draga	NA	NA	R	R	NA	NA

E = Excelente
 B = Bueno
 R = Regular
 M = Malo
 NA = No Aplicable

FUENTE: Referencia 14

ALTERNATIVA PARA EL ESTABLECIMIENTO DE UN RELLENO SANITARIO
RESUMEN DE CARACTERISTICAS

UBICACION: Serranía de Santa Catarina
 SISTEMA DE DISPOSICION: Relleno Sanitario
 CAPACIDAD TOTAL DE RECEPCION: 7×10^5 m³ 360 000 Ton.
 VIDA UTIL OPERANDO CON
 400 Ton/día: 30 meses

PRESUPUESTO APROXIMADO DE HABILITACION:
(pesos de 1981)

Acceso	\$ 800,000.00
Cercado	\$ 500,000.00
Casetas de supervisión, oficina y taller.	\$ 200,000.00
Iluminación, agua, etc.	\$ 150,000.00
Pesaderos	\$ 300,000.00
Maquinaria y equipo	<u>\$11'000,000.00</u>
T O T A L:	\$12'950,000.00

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

1. En el Plan de Desarrollo Urbano del D.F. se habla de un Plan Maestro de basura, pero no se ubica geográficamente la nueva posición que se piensa darle al tiradero de Santa Cruz Me^o yehualco.

Existe la versión de que una zona cercana al poblado de Chalco será la elegida para llevar allí los desperdicios de la ciudad junto con toda la población de pepenadores que viven dentro del tiradero.

El hecho de que aún hoy se piense en la alternativa de llevar el tiradero un poco más afuera de la ciudad, a una población vecina que puede ser Chalco o cualquier otra resulta inoperante, porque la política de "lejos y afuera" para ubicar los tiraderos ya no es posible físicamente. Ya no hay más lejos y afuera. La zona metropolitana crece día con día y va integrando a todas sus poblaciones aledañas a la gran urbe. De acuerdo con

los proyectos del D.D.F. para estimular la urbanización de las áreas circunvecinas, la permanencia de los tiraderos a cielo abierto resulta contradictoria.

2. Los tiraderos a cielo abierto tienen un gran efecto de contaminación ambiental; representan peligros potenciales de salud pública, son abrigo de vectores tales como moscas, roedores, cucarachas; además de que otros animales se alimentan como los gatos, perros y otros.

3. Los desechos sólidos contribuyen en gran proporción a la contaminación del suelo, sea a causa de la descarga incontrolable de desechos ya sean municipales o especiales, o al aspecto desagradable que representa de por sí tener tiraderos a cielo abierto. El relleno sanitario se plantea como una solución de disposición final sanitaria para evitar la contaminación de los suelos y en general para prevenir la contaminación ambiental.

4. Pueden señalarse al menos 4 tipos de basura claramente diferenciables unos de otros: basura domiciliaria (de las casas habitación); basura de la vía pública (la que está esparcida en las calles, avenidas, terrenos, etc); basura de mercados, y la basura industrial (que requiere contratos previos con el D.D.F. para establecer un servicio regular por medio de cuotas específicas).

5. La mayor parte del servicio está destinado a los tres primeros tipos mencionados de basura. Los camiones recolectores recogen parte de la basura de la vía pública y se enfocan principalmente a la basura domiciliaria aunque la mayoría sostienen contratos verbales con comercios, restaurantes, tiendas, etc., para recoger regularmente sus desechos. Esto aunado a la falta de un mantenimiento adecuado al equipo disponible hace que la recolección sea ineficiente.

6. En términos generales puede decirse que de cada tonelada de basura se aprovechan actualmente entre 200 y 300 kg, cifras muy bajas, si se comparan con el potencial que guardan.

6.2 Recomendaciones

1. Con el fin de que disminuya la contaminación y se aprovechen los subproductos y desechos industriales que ahora son eliminados como desperdicio, se sugiere fortalecer el programa Bolsa de Residuos Industriales que opere como un mecanismo de apoyo a la industria, introduciendo al país modernos procesos de reciclaje y propiciando el mejor aprovechamiento de las materias primas; en forma paralela podría funcionar un Centro de Información Tecnológica de Reciclaje.

2. Se sugiere la implementación de Programas Tripartitas de Recolección de basuras, en los que participen conjuntamente las autoridades municipales, los industriales y, cosa muy importante, los ciudadanos. Esto es debido a que se ha considerado tradicionalmente que el problema de recolección de basura compete exclusivamente a los primeros, idea totalmente errónea. Los programas mencionados serían un refuerzo al sistema actual de recolección, Funcionaría los fines de semana.

3. Con base en la vida útil estimada para el relleno sanitario, objeto de este trabajo, es conveniente señalar que se deben buscar otros sitios alternos, con mayor capacidad de recepción, para la creación de rellenos sanitarios.

4. Una precaución adicional y muy importante consiste en registrar todos los rellenos sanitarios existentes en el presente, así como los que se vayan a construir, ésta precaución es porque en ocasiones, con el tiempo se olvida que un sitio fué un relleno sanitario, y al construir en él, los asentamientos daña-

rán las obras, pudiéndose proyocar accidentes.

El principal objetivo de la limpieza pública debe ser la segura y económica disposición de los desechos y el uso de un si tío terminado no deberá estar en conflicto con éstos objetivos.

REFERENCIAS

- 1.- Censos Oficiales de Población y Vivienda. S.P.P.
- 2.- Dirección General de Servicios Urbanos del Departamento del Distrito Federal.
- 3.- Plan General del Plan Director de la Ciudad de México, 8 de febrero de 1980. Diario Oficial del 18 de marzo de 1980.
- 4.- Plan Director de la Ciudad de México, 8 de febrero de 1980. Diario Oficial del 18 de marzo de 1980.
- 5.- Desechos Sólidos. Recolección, Transportación, Disposición. Investigación. Resumen de antecedentes. DGSU del DDF. México, 1976.
- 6.- Dirección General de Servicios Urbanos del Departamento del Distrito Federal.
- 7.- Colegio de México. Estudio Demográfico. Dirección General de Planificación, DDF Vol. II, 1975.
- 8.- Plan Piloto para recolección de basura. Dirección General de Servicios Urbanos del Departamento del Distrito Federal. 1976.
- 9.- Estudio para el Plan Director de la Ciudad de México. Análisis del Medio Natural. Instituto de Geografía. UNAM. 1976.
- 10.- Información meteorológica proporcionada por la - SARI sobre las estaciones de Tláhuac e Iztapalapa. Boletines meteorológicos. México, 1980.
- 11.- Algunos aspectos del deterioro ambiental causado por la extracción de materiales de construcción en la sierra de Santa Catarina, D.F. Cervantes Osorio Luis. Tesis para obtener, el título de Biólogo, 1975. Subsecretaría de Mejoramiento del Ambiente. Dirección General de Planeación.
- 12.- Estadística de la Delegación Tláhuac. D.F. 1976
- 13.- Estadística de la Delegación Iztapalapa. D.F. 1976
- 14.- Solid waste disposal. Part I - sanitary land fills. Fleming R.R. American City 8 1(1): 101-104. Jan. 1966.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Environmental Protection. Emil T. Chanlett. McGraw Hill Series in Water Resources and Environmental Engineering. Tokio, Japan. 1973.
- 2.- Sistemas de recolección, tratamiento y disposición de desechos sólidos y su aplicación. Tesis para obtener el título de Ing. Civil. U. Iberoamericana. 1980. Rafael Carriles R.
- 3.- Municipal Refuse Disposal. Institute for Solid Wastes of American Public Works Association. 3rd. Edition Danville, Illinois. 1970.
- 4.- Lineamientos Generales para el almacenamiento en el origen, recolección y disposición final de las basuras. Ermilo de J. Camara Herrera. Presentado en el Primer Congreso de Ingeniería Sanitaria y Ambiental. Dic. 7, 8 y 9. Guadalajara, Jal. 1978.